Die Grundlagen des Luftschutzes

von Professor Dr. Julius Meyer

2. Auflage

Die Grundlagen des Luftschutzes

Unter Mitarbeit von

Professor Dr. H. Carlsohn, Oberst H. H. Droege,
Oberregierungsbaurat Dr.-Ing. habil. H. Frommhold,
Oberstarzt Dr. Laun, Professor Dr. Julius Meyer

herausgegeben von

Dr. Julius Meyer

Professor an der Universität und Technischen Hochschule Breslau

2., verbesserte Auflage

Mit 91 Abbildungen

1 9 4 2

Verlag von S. Hirzel in Leipzig

Vorwort zur zweiten Auflage

In der Einführung zur ersten Auflage des vorliegenden Buches hatte der damalige Landesführer der Landesgruppe Schlesien des Reichsluftschutzbundes Herr Major a. D. Waldschmidt darauf hingewiesen, daß es für diejenigen bestimmt sei, „die an irgendeiner Stelle eine führende Rolle im Luftschutz zu spielen haben. Besonders diejenigen, die die Masse aufklären, die Selbstschutzhelfer unterrichten und ausbilden sollen, finden in diesem Buche ein geeignetes Hilfsmittel, das ihnen selbst ein guter Lehrer sein soll und kann".

Inzwischen hat sich der Kreis der Volksgenossen, für die dieses Buch geschrieben ist, außerordentlich vergrößert. Denn nach einer Verfügung des Herrn Ministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung sollen auch alle Studierenden in Vorlesungen und Übungen mit den Grundlagen des Luft- und Gasschutzes bekannt gemacht werden. Daher ist diese neue Auflage auch für den Unterricht an den Hochschulen bestimmt. Nicht nur beabsichtigt es die Studierenden aller Fächer in das Wesen des Luft- und Gasschutzes einzuführen, sondern es will auch die Beziehungen gewisser Sonderfächer zum Luftschutz besonders berücksichtigen. Es soll daher auch der Ausbildung der Studierenden der Naturwissenschaften, insbesondere der Chemiker, ferner der Medizin, der Architekten, der Bauingenieure, der Eisen- und Hüttenleute usw. dienen. Aber auch den in der Industrie, der Verwaltung und in anderen Berufen bereits tätigen Volksgenossen soll es die Möglichkeit geben, sich mit den Gedankengängen des Luftschutzes vertraut zu machen. Denn die heutige Zeit predigt unaufhörlich mit Wort und Tat:

Luftschutz ist not!

Diese erweiterte Aufgabe machte gewisse Umarbeitungen des Buches notwendig, die infolge der Kriegsverhältnisse übermäßig viel Zeit beanspruchten. Mehrere Mitarbeiter stehen an der Front, andere

sind beruflich stark überlastet und konnten ihre weitere Mitarbeit nicht mehr zur Verfügung stellen. Dies alles bewirkte, daß die neue Auflage erst mehrere Jahre nach dem Verschwinden der ersten Auflage vom Büchermarkte wieder erscheinen kann. Allen Mitarbeitern sage ich für ihre Unterstützung meinen besten Dank! Für die Überlassung wertvollen Bildmaterials habe ich u. a. der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz, der Auer-Gesellschaft in Berlin und dem Drägerwerk in Lübeck verbindlichst zu danken. Und nicht zuletzt gebührt dem Verleger besonderer Dank und Anerkennung, daß er trotz großer Schwierigkeiten die Herausgabe des Buches ermöglicht hat.

Breslau, Ostern 1942

Prof. Dr. **Julius Meyer**

Inhaltsverzeichnis

Seite

Vorwort V

I. Der Luftschutz im Rahmen der Kriegführung 1

A. Die Entwicklung des Flugwesens 1
B. Die Militärfliegerei und ihre Entwicklung zur Waffe . . . 4
C. Unsere Flakartillerie als Teil der Luftverteidigung im Weltkrieg 5
D. Der Luftschutz als Teil der Luftverteidigung im Weltkriege . 6
E. Die Leistung der Heimat zur Sicherstellung des Nachschubs im Weltkriege 7
F. Der Einfluß der Technisierung moderner Waffen auf die heutige Kriegführung 9
G. Ausblick auf die heutige Kriegführung 12
H. Warum also Luftschutz? 13

1. Luftschutz als Ergänzung der aktiven militärischen Abwehr 13
2. Was verlangt die militärische Führung vom Luftschutz? 14
3. Was erwartet die militärische Führung von baulichen Luftschutzmaßnahmen? 14
4. Was ist für den Fall von Luftangriffen vorausschauend zu bedenken? 15
5. Aufgaben des Luftschutzes 16
6. Das Ziel des Luftschutzes ist erreicht 16

I. Schlußfolgerung 17

II. Splitter-, Spreng- und Minenbomben 18

A. Allgemeines 18
B. Chemische Zusammensetzung der Sprengstoffe 19

1. Die Sprengstoffe der Zündkapsel 19
2. Detonatoren 20

a) Tetryl (Tetranitromethylanilin oder Trinitrophenylmethylnitramin) 20
b) Pentrit (Pentaerythrit-tetranitrat 21

3. Die Sprengladung der Bomben 22

a) Pikrinsäure (Trinitrophenol) 22
b) Trotyl (Trinitrotoluol) 22

Seite

c) Nitrobenzol-Stickstofftetroxyd 23
d) Pentrinit 24

C. Der Verlauf der Explosion von Sprengstoffen 24
D. Die Wirkung der Splitterbomben 25
E. Die Wirkung der Spreng- und Minenbomben 26

1. Die Auftreffwucht und Eindringungstiefe 26
2. Die Explosionswirkung der Bomben 28

a) Die Zerstörungszone 28
b) Die gesamte gefährdete Tiefe 29
c) Die Erderschütterung 30
d) Der Luftdruck 30

III. Brandbomben 33

Phosphor 34
Thermit 34
Elektron 35
Die Wirkung der Brandbomben 35
Bekämpfung der Brandgefahr 36
Brandblättchen 37

IV. Chemische Kampfstoffe 38

A. Definition und Zweck der Kampfstoffe 38
B. Allgemeine Eigenschaften 44
C. Einteilung der chemischen Kampfstoffe 61
D. Die wichtigsten chemischen Kampfstoffe 64

1. Phosgen, $COCl_2$ 64
2. Perchlorameisensäuremethylester, $Cl \cdot COOCCl_3$ 66
3. Chlorpikrin, $CCl_3 \cdot NO_2$ 68
4. Dichlordiäthylsulfid $(ClCH_2CH_2)_2S$ 69
5. Chlorazetophenon, $ClCH_2 \cdot CO \cdot C_6H_5$ 72
6. Brombenzylzyanid, $C_6H_5 \cdot CHBrCN$ 73
7. Diphenylarsinchlorid, $(C_6H_5)_2AsCl$ 75
8. Diphenylarsinzyanid, $(C_6H_5)_2AsCN$ 77
9. Diphenylaminarsinchlorid, $NH(C_6H_4)_2AsCl$ 79
10. Methylarsindichlorid, $CH_3 \cdot AsCl_2$ 80
11. Äthylarsindichlorid, $C_2H_5AsCl_2$ 81
12. Bromazeton, $BrCH_2COCH_3$ 82
13. Bromessigsäureäthylester, $BrCH_2COOC_2H_5$ 83
14. Xylylbromid, $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot CH_2Br$ 84
15. Blausäure, HCN 84
16. Chlorzyan, $Cl \cdot CN$ 86
17. Bromzyan, $Br \cdot CN$ 87
18. β-Chlorvinylarsindichlorid, $ClCHCH \cdot AsCl_2$ 87

E. Verwendung chemischer Kampfstoffe durch Flugzeuge . . 88

1. Allgemeines 88
2. Abregnen von chemischen Kampfstoffen aus Flugzeugen . 94
3. Abwerfen 96

F. Nebelstoffe 100

Seite

V. Schutz gegen chemische Kampfstoffe 107

A. Erkennung und Nachweis von chemischen Kampfstoffen . 107
B. Schutz der Augen und der Atmungsorgane 112

I. Filtergeräte 114

1. Grundsätzliches zum Bau des Maskenkörpers . . . 114
2. Grundsätzliches über Filterwirkung 116
3. Das Aktivkohlefilter 117
4. Das Schwebstoffilter 122
5. Das chemische Filter 126
6. Das Kampfstoffilter 126
7. Kohlenoxydfilter 127
8. Steuerung der Atemluft in Filtergeräten 130

a) Einweg- und Zweiwegatmung 130
b) Ausatemventil 131
c) Einatemventil 132

9. Die S-Maske 132

a) Beschreibung 132
b) Lagerung der S-Maske 133
c) Reinigung 134
d) Desinfektion 134

10. Die Volksgasmaske (VM 37) 136

a) Beschreibung 136
b) Lagerung 137
c) Reinigung nach Gebrauch 137
d) Instandsetzungen 137

11. Die Volksgasmaske (VM 40) 138
12. Vollblickmasken 139
13. Gasschutzhaube 140
14. Gasschutz für Kleinkinder und Säuglinge 140
15. Die Prüfungsmethoden für Filtergeräte 140

II. Sauerstoff-Schutzgeräte 141

1. Grundsätzliches zum Bau 141
2. Die Preß-Sauerstoffgeräte 142

a) Die Sauerstofflieferung 143
b) Die Kohlensäurevernichtung 145

3. Sauerstoff-Schutzgerät „Heeresatmer" 147

a) Beschreibung 147
b) Reinigung 148
c) Die Entseuchung 149
d) Die Lagerung 149

4. Chemische Sauerstoffgeräte 150

a) Chemische Sauerstoffgeräte mit einfacher Sauerstofflieferung 150
b) Chemische Sauerstoffgeräte mit Austauschmassen 151

Seite
III. Die Frischluftgeräte (Schlauchgeräte) 155
IV. Die Normung der Atemgeräte 155
C. Körperschutz 157
Die Gasbekleidung 160
D. Schutz von Nahrungsmitteln und Wasser 164
E. Entgiftung 166
1. Allgemeine Grundsätze 166
2. Die Entgiftungsmittel 169
3. Die Entgiftungsverfahren 170
a) Die Entgiftung des Menschen 170
b) Die Entgiftung von Kleidung, Wäsche 171
c) Gegenstände aus Metall 172
d) Nichtmetallische Werkstoffe und Gegenstände . 172
e) Gelände 173
f) Nahrungsmittel 174
4. Die Durchführung der Entgiftung 175
F. Gasschutz der Tiere 176
VI. Erste Laienhilfe und erste ärztliche Hilfe 179
1. Allgemeines 179
a) Ausbildung 179
b) Grundregeln 180
2. Erste Hilfe bei Gesundheitsstörungen infolge Schreck und Erregung 181
3. Erste Hilfe bei Verletzungen 183
a) Geringfügige Wunden 183
b) Stillung starker Blutungen 183
α) Schlagaderblutung am Arm oder Bein 183
β) Zerschmetterung von Gliedern 187
γ) Schlagaderblutung an Kopf und Hals 187
δ) Blutungen in Körperhöhlen 187
c) Durststillung bei Mund-, Hals- und Bauchverletzungen . 187
d) Vorfall von Eingeweiden oder Gehirnmasse aus der Wunde 187
e) Knochenbrüche 188
α) Arm- und Beinbrüche, Verrenkungen, Verstauchungen 188
β) Schädelbruch, Rippenbruch, Beckenbruch, Wirbelsäulenverletzung 189
f) Verbrennungen und Verbrühungen 190
g) Verätzungen 190
α) Hautverätzung allgemeiner Art 190
β) Phosphorverbrennungen bzw. Phosphorverätzungen . 191
γ) Nebelsäureverätzung 191
δ) Augenschädigung durch ätzende Flüssigkeiten . . . 192

Seite
h) Fremdkörperentfernung aus dem Auge 192
i) Schädigungen durch elektrischen Strom 192
k) Verschüttungen 193
l) Rettung aus geschlossenen Räumen bei Ansammlung giftiger Gase 193
4. Erste Hilfe bei Scheintod. Wiederbelebungsmaßnahmen . 195
a) Wiederbelebung durch künstliche Atmung 195
α) Allgemeines 195
β) Künstliche Atmung von Hand 196
γ) Künstliche Atmung mit Gerät 200
b) Sauerstoffbehandlungsgeräte 200
α) Reine Sauerstoffzufuhr 201
β) Sauerstoffzufuhr mit Kohlensäurezusatz 202
c) Pulmotor 205
d) Weitere Maßnahmen zur Wiederbelebung 207
5. Erste Hilfe bei Kampfstoffeinwirkung 208
a) Allgemeines 208
b) Reizstoffe 212
c) Erstickende Kampfstoffe 213
d) Ätzende Kampfstoffe 217
e) Sonstige schädliche Stoffe 223
6. Erste Hilfe bei Vergiftung durch Brand- und Explosionsgase (Kohlenoxyd, nitrose Gase) und Kohlensäure 224
7. Erster Transport 225
VII. Der bauliche Luftschutz 230
A. Einleitung 230
B. Baulicher Luftschutz in Raumordnung, Reichs- und Landesplanung 233
C. Baulicher Luftschutz in Städtebau und Siedlungswesen . 234
1. Die neue Stadt 234
2. Gesundung und Erweiterung alter Städte 237
D. Baulicher Luftschutz für Gebäude 242
1. Schutz gegen Sprengbomben 242
2. Schutz gegen Brandbomben 253
E. Baulicher Luftschutz für Menschen 255
F. Bauliche und betriebliche Luftschutzmaßnahmen der Erzeugungs-, Versorgungs- und Verkehrsanlagen 267
G. Bauliche Luftschutzmaßnahmen der Kunstschätze und Baudenkmäler 271
H. Verdunklung 272
1. Die mechanische Verdunklung 273
2. Lichttechnische Verdunklung 276
a) Maßnahmen innerhalb der Gebäude 276
b) Arbeitsstellen im Freien 281
c) Verkehrsweg- und Verkehrszeichenbeleuchtung . . . 281

Seite

d) Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zum besseren Zurechtfinden während der Verdunklung . . 281
e) Beleuchtung der Landfahrzeuge 282

3. Verdunklung industrieller Feuererscheinungen 282
4. Die Raumbelüftung bei Verdunklung 282

I. Tarnung 283

K. Bauliche Luftschutzmaßnahmen des Auslandes 286
L. Quellenverzeichnis 290

Sachverzeichnis 296

I. Der Luftschutz im Rahmen der Kriegführung

(Erläutert an der Entwicklung der Wehrmacht, besonders der Luftwaffe)

Von Oberst **Hans Hermann Droege**

In den kriegerischen Auseinandersetzungen der jüngsten Zeit hat der Einsatz der modernen Luftwaffe mit klarer Deutlichkeit bewiesen, welchen gewaltigen Einfluß planmäßig angesetzte und zielbewußt und mutig durchgeführte Luftangriffe sowohl auf die Hauptkampflinien der Erdkampffronten als auch besonders auf das gegnerische Hinterland haben. Hier stören sie nicht nur die geplanten militärischen Operationen schon in ihrem Aufbau oder zerschlagen gar im entscheidenden Augenblick den Schwerpunkt der Gegenangriffs- oder Abwehrbasis, sondern sie vernichten oft auch alle Nachschubwege, schwächen darüber hinaus die Kampfmoral der Truppen und insonderheit gleichzeitig den Widerstandswillen der Gesamtbevölkerung. Und gerade im modernen Krieg „Volk gegen Volk" ist der Widerstandswille von größter Bedeutung. Der Heimatsbereich und mit ihm das in ihm wohnende Volk wird im Kriege zur großen Waffenschmiede für die gesamte Wehrmacht. Alle arbeitenden Kräfte in dieser Waffenschmiede, gleichviel wo sie schaffen, bilden das Rückgrat der kämpfenden Front. Ihr Schutz gegen feindliche Luftangriffe wird also zur zwingenden Notwendigkeit.

Aufgabe dieser Ausführungen soll es sein, die Bedeutung des Luftschutzes im Rahmen der Kriegführung darzulegen. Zum besseren Verständnis ist es erforderlich, zunächst in aller Kürze auf die Entwicklung des Flugwesens im allgemeinen, seine Bedeutung für militärische Belange, seine Wirkung im Weltkriege und seine Weiterentwicklung bis zum heutigen Stande einzugehen.

A. Die Entwicklung des Flugwesens

Es war von je ein sehnlicher Wunschtraum aller Völker, sich den Vögeln gleich in die Lüfte schwingen und unbehindert von Erdenschwere über Berg und Tal, Länder und Meere, schnell von einem Platze der Erde zu einem anderen gelangen zu können. Alte Sagen und Bildwerke erinnern uns hieran. Auch die Tatsache, daß sich namhafte Künstler,

Mönche, Wissenschaftler und Kunsthandwerker aller Zeiten und aller Orte ernstlich mit dem Menschenflug beschäftigt haben (Leonardo da Vinci), bestätigt diese jahrtausendelange Sehnsucht der Menschheit nach der Lösung dieses Problems. Um so stolzer dürfen wir Deutschen sein, daß es dem Berliner Ingenieur Otto Lilienthal 1896 als erstem geglückt ist, den Menschenflug in die Tat umzusetzen. Mit seinem Flugapparat erzielte er einen Streckenflug von 400 m Länge — der erste Segelflug —. Während in der ganzen Welt diese Leistung ehrlich bewundert und gefeiert wurde, hatten die damalige deutsche Regierung und maßgebende Kreise zunächst nur recht wenig Anerkennung für diesen deutschen Erfolg, so daß nur einige Getreue Lilienthals nach seinem tödlichen Absturz in aller Stille sein Werk fortsetzten. Anders dagegen das Ausland, das Lilienthals Erfahrungen auswertete und die Fortentwicklung der Fliegerei mit staatlichen Geldern wirksam unterstützte. So beanspruchen die Amerikaner 1904 den Ruhm für sich, die Erfinder des Motorfluges zu sein, obschon der Hannoveraner Jatho bereits 1903 seinem Flugzeug einen Motor eingebaut und kleine Sprünge von 50 m ausgeführt hatte. Neben den Weltfliegerkönigen, den Brüdern Wright, wetteiferten die Franzosen und Engländer um Rekordleistungen in der Fliegerei. 1906 kamen die Franzosen sichtbar in Front und im Jahre 1909 überquerte Blériot zur größten Verwunderung der ganzen Welt den Kanal.

Durch diese Leistung angeregt traten auch wieder die deutschen „Aviatiker", die sich bis dahin fast völlig zurückgehalten hatten, auf den Plan. Ende 1909 gewann Hans Grade den berühmten „Lanzpreis der Lüfte" und wurde so der Schrittmacher der deutschen Flugzeugkonstrukteure. Mit ihm und der fast gleichzeitig einsetzenden Militärfliegerei begann der gewaltige Aufschwung des deutschen Flugwesens. In treuer Kameradschaft von Zivil- und Militärfliegern wurde der deutsche Fliegergeist geboren, der dann ungeahnte Erfolge erringen konnte. Mehr als 13 Jahre lang (1896—1909) hatte Deutschland, obgleich es den Menschenflug erfunden hatte, gegenüber dem rührigen Ausland in der Fliegerei geschlummert. Dann kam mit Macht der Aufbruch. 1910 werden Offiziere der Armee in der Wright-Fliegerschule Berlin (Korv.-Kpt. Engelhardt), bei Grade in Bork und bei Euler in Griesheim zu Fliegern ausgebildet. Im gleichen Jahre erstand die „Prov.-Militärfliegerschule Döberitz". Überlandflüge, Streckenflüge, Höhenrekorde, Passagierflüge und Kunstflüge erzielen sich immer steigernde Ergebnisse. 1912 erfolgt die Aufstellung von 5 Fliegerbataillonen, vorläufig als Halbbataillone. Die Arbeit geht emsig weiter mit dem schönen Erfolge, daß die Deutschen bereits 1914 einen Weltrekord nach dem anderen an sich reißen und die Franzosen zu überflügeln beginnen. Nachstehende Tabelle bringt uns eine kurze Übersicht über den gewaltigen Aufstieg der Fliegerei:

Lfd. Nr.	Jahr	Name	Nation	Leistungen
1	1891/96	Otto Lilienthal	Deutschland	Erfinder des Menschenflugs, 400 m Segelflug
2	1903	Karl Jatho	Deutschland	Die ersten Luftsprünge mit Motorflugzeug
3	1904/05	Gebr. Wright	Amerika	Erste Motorflüge, Kreisflug und schließlich Strecke von 39 km in 35 Min.
4	1906	Santos Dumont	Brasilien-Frankreich	Motorflug von 10—220 m und 6 m hoch
5	1907	Henry Farman	Frankreich	770 m Motorflug in 52 Sek.
6	1908	Wilbur Wright	Amerika	124 km Flugstrecke in Höhe von 115 m und in 2¾ Std.
7	1908	Hans Grade	Deutschland	60 m Motorflug in 3 m Höhe
8	1909	Hubert Latham	Frankreich	Flüge in 500 m Höhe
9	1909	Henry Farman	Frankreich	Strecke von 234 km in 3¾ Std.
10	1909	Louis Blériot	Frankreich	Stundengeschwindigkeitsrekord mit 77 km. Überfliegen des Ärmelkanals in 32 Min.
11	1909	Wright	Amerika	Passagierflug in Deutschland von 1½ Std.
12	1909	Grade	Deutschland	Gewinner des Lanzpreises, 8-km-Flug
13	1910	Euler	Deutschland	Deutscher Dauerrekord 3 Std. 6 Min. (Frankreich hatte bereits 5-Std.-Flüge zu verzeichnen)
14	1911/12	Hirth	Deutschland	5-Std. 41-Min.-Flug München—Berlin u. Berlin—Wien
15	1913	Stöffler	Deutschland	2079 km Streckenflug, 7 Std. 15 Min. Dauerflug
16	1913	Pégoud	Frankreich	Loopingflieger
17	1913	Lt. v. Egan-Krieger (bekannter Rennreiter)	Deutschland	Gewinnt an einem Nachmittag Rennen in Magdeburg, fliegt nach Berlin und gewinnt dort zweites Rennen (Weltereignis!)
18	1914	v. Lösel	Deutschland	Höhenweltrekord mit 3 Passagieren 4770 m
19	1914	Oelerich	Deutschland	Höhenweltrekord 8150 m, Dauerweltrekord 24 Std. 12 Min.

B. Die Militärfliegerei und ihre Entwicklung zur Waffe

Mit Kriegsbeginn im Jahre 1914 verfügte das Deutsche Reich über 254 Flugzeugführer und 271 Beobachter. Die jung aufgestellten Fliegerbataillone mußten nun plötzlich 34 Feldformationen aufstellen. Da nicht einmal alle etatsmäßigen „Sollmaschinen" vorhanden waren, war an „Reserve"- oder „Schul"maschinen kaum zu denken. Aber mit deutscher Gründlichkeit setzte schnell die deutsche Flugindustrie mit ihrer Serienherstellung ein. Deutsche Wissenschaft und Technik und nicht zuletzt der berühmte deutsche Fliegergeist taten das Ihre und entwickelten immer besser werdende Maschinen und Leistungen.

1914 fliegen die Männer über den Fronten im Westen und Osten. Sie erkunden und melden! Ohne Flieger wäre der Erfolg von Tannenberg nicht möglich gewesen!

1915 erhalten die Flugzeuge Photogerät und Funktelegraphie. Sie werden so zu vorzüglichen Fern- und Nahaufklärern und hervorragenden Artilleriefliegern. Solche Führungsaugen sind dem Feinde lästig. Er will sie vertreiben, und so kommt es zum Luftkampf. 1915 werden die Flugzeuge mit einem beweglichen MG. für den Beobachter und einem starren MG. für den Führer ausgerüstet. Weiterhin wird die Fliegerei einheitlich organisiert und einem Feldflugchef (Major Thomsen) unterstellt. Wir unterscheiden jetzt verteidigungsfähige Beobachter, Bombenschlepper und Kampfeinsitzer. 1916/18 entbrennen heiße Kämpfe in Verbindung mit den beginnenden Materialschlachten um die Vorherrschaft in der Luft nach damaligen Begriffen. Um eine einheitliche Führung der Luftwaffe zu gewährleisten, wird der General Hoeppner zum kommandierenden General der Luftstreitkräfte ernannt; Chef des Generalstabes wird Major Thomsen und Major Siegert Inspekteur der Fliegertruppen. Der Stellungskrieg und späterhin insonderheit die Materialschlachten forderten in immer größerem Umfange Fernaufklärungen, um an anrollenden Transporten von Truppen und Material u. a. m. die Absichten der Feinde rechtzeitig erkennen zu können und diese möglichst durch entsprechende Gegenmaßnahmen und Bombenangriffe im Keime zu ersticken. Der Kampfeinsatz erfolgte von nun an nur noch in geschlossenen Verbänden. Selbstverständlich ließen von der anderen Seite die Gegenangriffe nicht lange auf sich warten. Sie machten wiederum eine gründliche deutsche Abwehr durch Jagdflieger und Flak und besonders das „Sperrefliegen" notwendig. In diesem gewaltigen Ringen standen schließlich den 31000 Ententefliegern nur 5000 deutsche Frontflieger gegenüber. Trotzdem behielten die Deutschen in ihren Tätigkeitsräumen bis zum Kriegsschluß die Vorherrschaft in der Luft. Nachstehende Vergleichszahlen geben einen sprechenden Beweis von den unerhörten Leistungen unserer deutschen Flieger:

Bemerkenswerte Vergleiche:

	1914	1918
1. Feldfliegereinheiten	34	306
2. Flugzeugführer	254 (an der Front und in der Heimat)	5000 (allein an der Front)
3. Durchschnittsgeschwindigkeit .	80 km/Std.	200 km/Std.
4. Durchschnittshöhe	800 m	2000 m
5. Lieferung von Flugzeugen an die Truppe im Monat	50—60	über 2000
6. Mitnehmbare Bombenlast . . .	3,5 kg	1000 kg

Unsere Flieger schossen im Weltkrieg ab: 2 Luftschiffe, 620 Fesselballons, 7695 Flugzeuge!

1918 betrug der Abwurf von Bomben etwa 100 t im Monat. Die Reihenbilder nahmen mit ihren 2000 Flugzeugkameras eine Fläche von sechsfacher Größe des damaligen Deutschland auf. Unsere sachlichen Verluste durch Einwirkung unserer Gegner betrugen 3128 Flugzeuge, 40 Luftschiffe und 546 Fesselballons. Der Verlust an Luftschiffen ist sehr erheblich. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Bekämpfung der Zeppeline wegen ihrer Größe und ihrer verhältnismäßig langsamen Fahrt zu leicht war. Immerhin können sie den Ruhm für sich in Anspruch nehmen, als erste deutsche Waffen den Krieg auf das bis dahin als unantastbar gehaltene englische Mutterland getragen und es unmittelbar durch Bomben angegriffen zu haben.

C. Unsere Flakartillerie als Teil der Luftverteidigung im Weltkrieg

Die Offensivtätigkeit der Flieger wurde ergänzt durch die Defensivtätigkeit der Flakartillerie. Bei Kriegsbeginn hatte die deutsche Armee im ganzen 18 Ballonabwehrkanonen, die nur zu $\frac{1}{3}$ motorisiert waren. Ein erprobtes Schießverfahren gab es aber für sie noch nicht. Die Haubitzen sollten mit ihrem Steilfeuer helfen, die Flughöhe der feindlichen Flieger machte aber diese Absicht zunichte. Darum wurden die Haubitzen später durch Feldgeschütze oder durch Beutegeschützrohre ersetzt, die auf besondere Holzgestelle aufgebaut wurden, um die notwendigen Rohrerhöhungen und damit die ersten greifbaren Erfolge zu erzielen. Nach Auswertung aller Erfahrungen erhielt dann das Heer um Weihnachten 1916 neue besondere Flakgeschütze. So wurde aus der Feldartillerie die Flakartillerie geboren und in der Inspektion der Flakartillerie zusammengefaßt. Sie hatte trotz ihres jungen Bestehens schon bald erstaunliche Leistungen zu verzeichnen. Ihre Geschützzahl stieg von 1914 bis 1918 von 18 auf 2558 und ihre Truppenstärke betrug

zum Schluß des Krieges 2800 Offiziere und 55000 Unteroffiziere und Kanoniere. Insgesamt wurden im Weltkriege von der Flak 1588 feindliche Flugzeuge abgeschossen, während die feindliche Flakartillerie demgegenüber nur 450 deutsche Flieger auf die Erde heruntergezwungen hat.

D. Der Luftschutz als Teil der Luftverteidigung im Weltkriege

Und nun zum Luftschutz. Schon 1915 wurde er ins Leben gerufen, damals wie heute führungsmäßig der Truppe unterstellt und zuerst von den stellvertretenden Generalkommandos durchgeführt. Diese stellten zunächst Heimatflakformationen auf und gaben Weisungen zum Herrichten von Luftschutzräumen, zum Verdunkeln der Straßen, für das Verhalten der Einwohner, für Maßnahmen der Industrie und für die Aufgaben der Feuerwehr. Den damaligen Leistungen der Feindflieger entsprechend wurde von diesen Maßnahmen nur Westdeutschland betroffen, da Orte über 200 km von der Front kaum für den Feindanflug in Frage kamen. Vielleicht erinnert sich dieser oder jener an die Zeiten des Weltkrieges und an die blau gestrichenen Straßenlampen, an die blauen Scheiben der Straßenbahnen, an das Verbot, die Schaufenster beleuchten zu dürfen oder an die Tatsache, daß nur einzelne Straßenlampen brennen durften.

Nach Schaffung einer doppelten Flugüberwachungslinie mit Flugmelde- und Luftschutzwarndienst von der Nordsee bis zum Bodensee, zweimal je 15 km parallel zur Front, wurde der gesamte Luftschutz und die Flugabwehr in der Heimat unter dem Inspekteur der Flakartillerie des Heimatgebietes zusammengefaßt und planmäßig ausgebaut. Führungsmäßig haben wir heute fast die gleiche Zusammenfassung. Daß der junge, im Jahre 1915 erst aufgezogene Luftschutz unter militärischer Führung sich ebenfalls bestens bewährt hat, zeigt folgende Übersicht:

Jahr	Angriffszahl	Feindflugzeuge	Bombenzahl	Tote und Verletzte
1914	8	14	35	52
1915	51	133	940	426
1916	96	462	1817	430
1917	175	1480	5234	373
1918	353	3219	7717	1161
Insgesamt: 1914—1918	683	5308	15743	2442

Der gesamte Renten- und Sachschaden infolge dieser Bombenangriffe betrug etwa 50 Millionen RM.

Auf 14 Flugzeuge mit insgesamt 33 Bomben kamen 1914 = 52 Verluste an Menschen = rund $3\frac{1}{2}$ auf 1 Flugzeug. 1918 kommt dagegen

nur noch $\frac{1}{3}$ Verlust auf 1 Flugzeug, obwohl die Bomben an Gewicht und dementsprechend Explosivkraft das 50—125fache betrugen im Vergleich zu den Bomben von 1914. Das bedeutet die Herabsetzung der Verluste durch Luftschutzmaßnahmen von $3\frac{1}{2}$ auf $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{7}$ von 1914 und somit eine gute Bewährung der einheitlichen Führung der aktiven und passiven Abwehr in militärischer Hand. Dieses Ergebnis sei zunächst allen Luftschutzgegnern zur Beachtung vorgehalten.

Durch das Versailler Diktat wurde neben der Militärfliegerei und der Flakartillerie bezeichnenderweise auch der Luftschutz verboten. Erst 1929 wurden die Luftschutzbestimmungen gelockert. Um nun das ohnehin schon sehr in Anspruch genommene 100000-Mann-Heer nicht zu überlasten, wurde der Luftschutz unter der Bezeichnung „Ziviler Luftschutz"[1]) vorläufig dem Innenminister übertragen und von ihm der Polizei überantwortet. In den Jahren 1930—1932 griffen vaterländisch eingestellte Männer des Polizeiinstituts für Technik und Verkehr den Luftschutz wieder auf und bearbeiteten ihn unter ihrem rührigen Präsidenten Paetsch[2]) und den Majoren Borowietz[3]), Haenschke und Saal[4]) in der neu errichteten Luftschutzabteilung. Mit dem Neuaufbau der Luftwaffe wurde aus dieser Luftschutzabteilung des Polizeiinstituts für Technik und Verkehr die heutige „Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz" aufgebaut. Hierdurch kehrte die Führung des Luftschutzes in die neue Wehrmacht zurück, weil der Führer die Luftwaffe einschließlich des gesamten Luftschutzes in die Hand des Reichsministers der Luftfahrt und Oberbefehlshabers der Luftwaffe gelegt hat. Gleichzeitig wurden bei den territorialen Befehlshabern der Luftwaffe besondere Offiziere zur Bearbeitung des Luftschutzes eingesetzt.

E. Die Leistung der Heimat zur Sicherstellung des Nachschubs im Weltkriege

Wenn nun oben die Entwicklung der Luftwaffe, der Flakartillerie und des Luftschutzes mit Zahlen belegt wurden, so geschah das deshalb, um gerade auf das Werden und oft ungeahnte Wachsen all dieser militärischen Dinge während eines Krieges hinzuweisen. Denn gerade diese Kriegsanforderungen sind es, die den Luftschutz unbedingt erzwingen. Schalten wir deshalb noch einmal auf den Weltkrieg und seinen Nachschubbedarf zurück.

Im Jahre 1915 hielt der englische Munitionsminister Lloyd George

[1]) Jetzt nur noch Luftschutz. Das Wort „Ziviler" ist 1940 auf Befehl des R.d.L. und Ob.d.L. ausdrücklich gestrichen.

[2]) Jetzt: Hauptschriftleiter der Zeitschrift „Gasschutz und Luftschutz".

[3]) Jetzt: Regts.-Kdr. und Ritterkreuzträger im Felde.

[4]) Jetzt: Oberst und Abt.-Leiter an der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz.

eine große Parlamentsrede, in der er folgende programmatische Erklärung abgab: „Die Opfer an Leben und Gesundheit, die ein Krieg fordert, der Grad der Erschöpfung, den er nach sich zieht und die Frage des endgültigen Sieges oder der endgültigen Niederlage hängen ab von der Menge Munition, die das kämpfende Land zu erzeugen vermag!" Unter diesem Leitsatz erfolgte die Vorbereitung auf die 1916 an der englischen Front beginnende erste große Materialschlacht gegen die deutsche Stellung. Sie begann mit einem plötzlichen Feuerüberfall mit ungeheurem Material und auf einer Breite von 40 km. Dieser massierte Einsatz aller Waffen war von so ungeahnter Heftigkeit und Durchschlagskraft, daß beinahe die deutsche Linie durchbrochen worden wäre.

Zwangsläufig mußten von den Deutschen schnell wirksame Gegenmaßnahmen getroffen werden. Generalfeldmarschall v. Hindenburg und General Ludendorff wurden von Osten nach dem Westen ins Große Hauptquartier berufen und stellten das berühmte „Hindenburgprogramm" auf, das uns, um mit dem Feldherrn General Ludendorff zu sprechen, „die Pflicht auferlegte, auch die letzten menschlichen Kräfte — trotz Hungerblockade — für den Kriegsdienst zu mobilisieren und für den Kriegsdienst einzusetzen".

Was dieses Programm bedeutete, sehen wir am besten aus nachstehenden Beispielen:

Monatsleistungen der deutschen Rüstungsindustrie und ihre Steigerungen:

Hergestellt an	Im Frieden	ab 1914	Juli 1916	Juli 1917	Anfang 1918
Pulver und Sprengstoff	200 t	1000 t	6000 t	10000 t	13000 t
Granaten	—	342500	19160000		37778000
S-Patronen	—	—	—	—	220000000

Dementsprechend mußten:

1. 510000 t Stahl monatlich mehr erzeugt werden als 1915,
2. die Menge der Kohlenförderung auf über 1000000 t im Monat gesteigert werden,
3. die allgemeine Dienstpflicht auf alle Männer vom 15. bis 60. Lebensjahr ausgedehnt werden (Hilfsdienstpflicht älterer Männer und Frauen in Kasernen, Schanzformationen, Schülerernteabteilungen für Belgien u. a. m.),
4. über 4 Millionen Frauen an Stelle von Männern in den Arbeitsprozeß der Industrie und der Wirtschaft eingestellt werden und
5. allein über 46500 Frauen schwerste Arbeit als Bergarbeiterinnen unter Tage leisten.

Weiter drehten die Frauen Granaten, standen an den Geschoßpressen, bedienten Lokomotiven und Triebwagen, versorgten allein die Landwirtschaft oder waren an anderen wichtigen Stellen mit Erfolg tätig. Ihre Arbeitszeit betrug durchschnittlich bis zu 75 Stunden in der Woche! Diese Beispiele bestätigen, wie sehr Deutschland damals — ringsum von Feinden eingeschlossen — gezwungen war, seine Menschenkräfte auszunutzen! Damals besaßen wir aber im Vergleich mit heute noch verhältnismäßig wenig Maschinenwaffen und brauchten beim damaligen Stand der Flugtechnik die Ausfälle von Arbeitskräften oder wichtiger Herstellfabriken durch Bombenangriffe nicht ernstlich zu befürchten. Der größte Teil des Deutschen Reiches war eben für Fliegerangriffe nicht erreichbar. Und in diesen ungefährdeten Teilen der Heimat konnte mit der erforderlichen Ruhe und ohne Sorge für Leib und Leben die unbedingt notwendige Präzisionsarbeit für die Bedürfnisse der Front geleistet werden.

F. Der Einfluß der Technisierung moderner Waffen auf die heutige Kriegführung

Seit Schluß des Weltkrieges sind nun 2 Jahrzehnte vergangen, in denen die Technik sich weiter entwickelt und immer steigende Erfolge gezeitigt hat. Diese Technisierung hat sich ganz besonders in der Rüstung aller modernen Völker ausgewirkt. In erster Linie sind es aber der ungeahnte Aufstieg und der hohe Stand der Flugtechnik, welche der heutigen Kriegführung nie vorausgeahnte Möglichkeiten bieten. So stiegen, um nur das wichtigste hervorzuheben, in der Zeit vom Ende des Weltkrieges bis zum jetzigen Kriege die Höhenweltrekorde von 8000 m auf 16000 m, der Flugzeuggeschwindigkeitsrekord von 309,1 km-Std. (1920 de Romanet, Frankreich) auf 755,11 km/Std. (27. 4. 1939 Wendel, Deutschland mit der Me 109), die Mitnahmemöglichkeit einer Bombenlast von 1000 kg auf 2000 kg und darüber hinaus, und schließlich die Eindringungstiefe der Flugzeuge von etwa 200—300 km auf 1300 km und mehr. In gleicher Weise ist die Bewaffnung und Wendigkeit der Flugzeuge erheblich gesteigert worden. Diese Spitzenleistungen sind naturgemäß nicht als Durchschnittsleistungen zu bewerten, sondern sind in erster Linie sportliche Rekorde. Es dürfte aber von Interesse sein, die derzeitigen Höchstdurchschnittsleistungen der Engländer um die Jahreswende 1939/40 aufzuzeichnen. Es verfügen: Vickers „Wellington" über 320—425 km/Std. bei 2000 kg Bombenlast und die Jagdflugzeuge Hawker „Hurricane": 530 km/Std. und Vickers „Supermarine Spitfire" 560 km/Std. Entsprechende Angaben über unsere Flugzeuge dürften sich erübrigen; die Gewißheit, noch bessere Flugzeuge zu besitzen und vor allem, ausgezeichnete Flieger zu haben, wird uns genügen. Schließlich entscheidet ja der Erfolg, und den sehen wir

fast täglich nicht nur aus den eigenen Wehrmachtberichten, sondern auch aus den gelegentlichen Eingeständnissen englischer Mitteilungen.

Es ist selbstverständlich, daß zur Herstellung solcher Flugzeuge nur ausgesuchte Qualitäts- und Präzisionsarbeiter, Konstrukteure und Ingenieure herangezogen werden können. Neben den Produktionsstätten muß auch dieses wertvolle, im Kriege vielfach unersetzliche Menschenmaterial vor den Auswirkungen von Luftangriffen geschützt werden; darüber hinaus ist es notwendig, auch deren Ruhe- und Erholungsstätten, Familienangehörige und Wohnungen luftschutzmäßig zu schützen, um ihnen, psychologisch gesehen, die erforderliche Ruhe und Sicherheit für ihre verantwortungsvolle und schwere Arbeit zu gewährleisten. Nur dann können sie frei von der Sorge um ihre Angehörigen und ihren gesicherten Arbeitsplatz volle Arbeit leisten; gerade darin liegt die tiefere psychologische Bedeutung des Luftschutzes! Gleiche Erwägungen gelten nicht nur für alle Wehrmachtangehörigen, sondern darüber hinaus für das gesamte deutsche Volk!

Ergänzend noch ein kurzes Wort über die Bedeutung einer anderen passiven militärischen Abwehrmaßnahme — die Luftsperren. Die Sperrballone bzw. deren Haltetaue und Verbindungsstreben können nur dann einen wirksamen Schutz gegen Fliegerangriffe bieten, wenn der feindliche Flieger sie nicht wahrnehmen oder ihnen nicht ausweichen kann. Bei einem Anflug in Höhen von über 6000 m können also diese Ballonsperren kaum einen Schutz gegen einen feindlichen Angriff bieten. Sie zwingen aber immerhin den Angreifer, große Höhen aufzusuchen und mindern dadurch die Ziel- und Treffsicherheit erheblich herab. Bei unsichtigem Wetter und bei niedrigem Wolkenstande aber wird der Gegner zu besonders vorsichtigem Fliegen gezwungen oder veranlaßt, Objekte, die durch Ballonsperren geschützt sind, ganz zu meiden. Ein absolutes „Halt" können sie dem Flieger jedoch nicht bieten.

Der Luftkrieg steht — das geht aus dem Gesagten hervor — als gleichwertiger selbständiger Faktor neben der Kriegführung zu Lande und zu Wasser. Er gibt der heutigen Kriegführung ein ganz anderes Gesicht und führt ihn aus den zweidimensionalen Verhältnissen in die dreidimensionalen. Damit steht der Feldherr von heute vor ganz anderen Aufgaben als die Heerführer früherer Kriege. Heute sind Taktik und Technik für die Kriegführung mehr denn je eng miteinander verwachsen. Außerdem werden im jetzigen Kriege nicht nur, wie 1914/18, die Soldaten nach militärischen Gesichtspunkten geführt, sondern heute steht das ganze Volk in seiner ungeheuren Vielseitigkeit im Kampfe gegen die feindlichen Völker. Diese Gesamtheit des Volkes muß schon im Frieden auf die einheitliche Zusammenwirkung im Kriege eingestellt werden. Ein Teil kämpft, ein anderer sichert den Nachschub, die Rohstoffe, die Fabrikation, die landwirtschaftliche Erzeugung, die Bekleidung, die Transporte und sonstigen Lebensbedin-

gungen, ermöglicht so also erst das Kämpfen. Unsere Zeit der Maschinenwaffen verlangt aber ein gewaltiges Mehr an Waffen überhaupt, verlangt ein gewaltiges Mehr an Ersatzwaffen, an Ersatzteilen und ein unendliches Mehr an Munition.

Wenn wir also 1918 schon glaubten, um mit Ludendorff zu reden, die „letzte Kraft" einsetzen zu müssen, so müssen wir für den heutigen Materialkrieg die „allerletzte Kraft" hergeben. Heute gilt es, die schier übermenschliche Leistung des Nachschubs für die Bedürfnisse der Front sicherzustellen, um die gewaltigste Aufgabe aller Zeiten, nämlich die unerläßlich notwendige Nachschubfrage, die durch den heutigen Hochstand der Technisierung unserer Bewaffnung von Tag zu Tag schwieriger wird, durch die Heimat als Rückgrat und Basis der kämpfenden Truppe restlos zu lösen. Hierzu muß die oberste Führung alle Kräfte des Vaterlandes sowohl an der Front wie in der Heimat jeweils an die richtige Stelle stellen, um so die vollste Leistung zu erzielen. „Die Zahl derjenigen, welche die Rohstoffe besorgen, die Waffen fertigen, laborieren, verwalten, instandhalten und den Nachschub regeln, wird schätzungsweise schon allein das 8- bis 10fache der eigentlichen Kämpfer ausmachen"[1]).

Um diese gewaltigen Produktionssteigerungen zu ermöglichen und zu gewährleisten und so jeglichem Mangel während der ganzen Kriegszeit vorzubeugen, sind mit dem Neuaufbau der Wehrmacht besondere Dienststellen entstanden, die weit vorausschauend für einen Kriegsfall den Nachschub der Truppe schon im Frieden durch die nötigen Vorkehrungen sichergestellt und auch für die Kriegszeit selbst die erforderlichen Maßnahmen vorbereitet haben. Sie verteilten hierbei planmäßig entsprechende Rohstoffe und erforderliches Personal, um die für den Nachschub nötigen Aufgaben erfüllen zu können. Darüber hinaus ist es aber im totalen Krieg unbedingte Notwendigkeit, diesen gesamten Arbeitsprozeß und Wirtschaftsgang und somit den Nachschub auch gegenüber feindlichen Luftangriffen soweit als möglich sicherzustellen. Dementsprechend müssen die Arbeitskräfte, ihre Wohnungen, die Arbeitsstätten und die Zugangs- und Rückwege aller Schaffenden einschließlich aller von ihnen und der Wirtschaft benutzten Verkehrseinrichtungen sowohl militärisch durch die aktive Abwehr, als auch zur Behebung etwa eintretender Schadensfälle infolge Abwurfs feindlicher Fliegerbomben durch den Luftschutz soweit wie nur möglich geschützt werden. Hierdurch soll also allen Arbeitskräften jederzeit und allerorts bei Feindanflügen eine gewisse Sicherheit geboten und der Ausfall an Arbeitsleistung infolge der Feindfliegerangriffe auf ein Minimum herabgesetzt werden.

[1]) Vgl. „Der Technische Krieg" von Oberstlt. a. D. Justrow, (1939), VDI, Verlag Wehrfront R. Claassen, Berlin.

In diesem Sinne wäre die geographische Lage Deutschlands vor dem uns 1939 aufgezwungenen Kriege wenig günstig gewesen, wenn es England wiederum erreicht hätte, zu Beginn des jetzigen Kampfes unser Vaterland durch seine Einkreisungspolitik restlos zu umschließen. Deutschland hätte dann durch Luftangriffe bei einem Anflug von nur ¾ Stunden an jeder Stelle getroffen werden können. Hiernach wäre es im September 1939 mit seiner dichten Besiedlung und seinen ausgedehnten Industriezentren als Waffenschmiede stark bedroht und der Nachschub für die kämpfende Truppe in Frage gestellt worden. Durch den Abschluß des Russenpaktes trat hierin eine für uns zunächst günstige Lage ein. Nach den siegreichen und einzig dastehenden Blitzkriegen gegen Polen, Norwegen, Holland, Belgien, Frankreich, Jugoslawien und Griechenland rückte die Möglichkeit eines Hauptschlages gegen England drohend näher. Kein Wunder, daß die Briten mit ihren besonderen Freunden aus Amerika alles daran setzten, um mit echt englisch-jüdisch-plutokratischen Machenschaften den Deutsch-Russischen Vertrag bei den charakterlosen Sowjetmachthabern in einen Verrat an Deutschland umzukehren. Aber die voraufgegangenen Siege im Westen und das schnelle, unhaltsame Vorwärtsstürmen gegen die Bolschewisten haben dem englischerseits als fühlbare Entlastung bezweckten Zweifrontenkrieg nunmehr ein wesentlich anderes Gesicht gegeben. Die alten und die neuen Siege, insonderheit der vernichtende Schlag gegen die russische Luftwaffe distanzierten die beiden Fronten derartig, daß die feindlicherseits erwünschte Zusammenwirkung im Luftkampf nahezu unmöglich ist. Auf der anderen Seite erschloß uns das neue Kampfgebiet unübersehbare Rohstoffquellen, vor allem sehr große Ölgebiete und Erzvorkommen, die für die Wirtschaftslage Deutschlands nur von Vorteil sein können.

G. Ausblick auf die heutige Kriegführung

Schließlich müssen wir bedenken, daß sich die Vervollkommnung der Technik nicht nur auf die Bewaffnung, sondern ganz besonders auch auf den Festungsbau erstreckt. Andererseits kann auch die Kriegsmarine durch Minenfelder oder andere Abwehrmittel das Vordringen von feindlichen Seestreitkräften in bestimmten Räumen unterbinden oder zum mindesten erheblich erschweren. Diese beiden Tatsachen können deshalb die Kriegführung in der Horizontalen leicht zu einer gewissen Erstarrung bringen. Eine Entscheidung im Kriege ist aber nach Clausewitz nur durch eine entscheidende Bewegung möglich. Diese bewegliche Kampfführung läßt sich im modernen Kriege nun in der Vertikalen durchführen. Sie bleibt neben der Kriegsmarine mit ihren U-Booten besonders der Luftwaffe vorbehalten und schafft damit die Vorbedingung für die endgültige Entscheidung. Der Standpunkt

des General Douhet, der die Luftwaffe allein kämpfen lassen will, den anderen Wehrmachtteilen aber nur untergeordnete Bedeutung für die endgültige Entscheidung zuerkennt, wird heute von den militärischen Fachkreisen nicht mehr anerkannt. Er hat sich überdies im heutigen Kriege als überholt erwiesen.

Die endgültige Entscheidung wird nach wie vor bei der Hauptkampftruppe, dem Heere, bleiben, dem allerdings die Luftwaffe und — bei einem vornehmlich zur See kämpfenden Gegner — die Marine durch Zermürbung des oder der Gegner die Vorbedingungen schaffen müssen. Die Luftwaffe kann 1300 km und neuerdings noch weit tiefer in Feindesland hineinwirken. Die Kampfflieger greifen solche Ziele an, die für die Gesamtkriegführung des Gegners besonders wichtig sind, also militärische Anlagen, kriegs- und lebenswichtige Werke oder Betriebe, Kraftzentralen, Bahnen, Brücken, Häfen, Nachschublager aller Art, Verkehrswege, sonstige Verkehrseinrichtungen u. a. m.

Naturgemäß werden derartige Angriffe auf das Hinterland des Gegners von der einen Seite durch entsprechende Vergeltungsangriffe von der Gegenseite erwidert. Das bedingt vorausschauend neben den aktiven Abwehrmaßnahmen auch hinreichende Luftschutzmaßnahmen für das eigene Land. Bei diesem Wettstreit fällt aber der Erfolg letzten Endes der Seite zu, die durch Abwehrvorkehrungen und nicht zuletzt durch Luftschutzmaßnahmen restlos vorgearbeitet hat und am vorteilhaftesten gegen Luftangriffe gewappnet ist. Immer wieder wird oberstes Gesetz der Kriegführung sein: Den Feind unter Einsatz aller Mittel zu schlagen und ihn zur Annahme der eigenen Kriegsziele zu zwingen. Und nur der, welcher in freier Beweglichkeit überraschend und schnell zuschlagen kann, hat die erforderliche Einwirkung auf die Entscheidung.

H. Warum also Luftschutz?

1. Luftschutz als Ergänzung der aktiven militärischen Abwehr.

Es ist militärisch unmöglich, sowohl auf der einen Seite alle sich bietenden Ziele durch Flugzeuge anzugreifen, als auch auf der anderen Seite alle bedrohten Objekte durch aktive Abwehr hinreichend zu schützen. Wie man sich auf der einen Seite die allerwichtigsten Ziele zum Angriff heraussucht, bildet man wieder auf der anderen Seite an den Stellen, deren Erhaltung nach der gegebenen Lage für die Weiterführung des Krieges unbedingt notwendig ist, Schwerpunkte, an denen durch die Jagdflieger und Flak die aktive Abwehr zum Einsatz gelangt.

Diese Tatsachen fordern zwangsläufig dazu auf, die militärische Abwehr der Jagdflieger und der Flakartillerie durch zweckdienliche und verstärkte Luftschutzmaßnahmen zu ergänzen, um die

Kräfte und Mittel der Heimat für die Kriegführung soweit als möglich zu erhalten.

2. **Was verlangt die militärische Führung vom Luftschutz?**

a) Aufklärung der Bevölkerung über die Notwendigkeit des Luftschutzes und aktive Mitarbeit aller leitenden Männer und Frauen in diesem Sinne.

In Deutschland müssen alle Volksgenossen, alle Behörden, alle Betriebe, alle Industriewerke, die Reichspost-, Reichsbahn-, Reichswasserstraßenverwaltung, die Reichsautobahnen, der Reichsarbeitsdienst, die Waffen-SS und die Wehrmacht ihre Luftschutzmaßnahmen nach den Richtlinien oder Weisungen bzw. Befehlen des R. d. L. u. Ob. d. L. durchführen. Alle haben durch Aufstellung, Ausrüstung und Ausbildung von eigenen Luftschutzkräften, durch notwendige, bauliche oder sonstige bereits im Frieden vorzubereitende und später ab Kriegsbeginn durchzuführende Luftschutzmaßnahmen im Falle eines Luftangriffs so lange und soweit wie möglich für sich selbst zu sorgen.

b) Überdies ist aber in allen bedeutenden, größeren Orten — den LS.-Orten I. Ordnung — der örtliche Luftschutzleiter vom R. d. L. u. Ob. d. L. angewiesen, einen „Sicherheits- und Hilfsdienst" (SHD.) als besondere Luftschutzformation aufzustellen. Dieser SHD. wurde vom Oberbefehlshaber der Luftwaffe vollständig ausgerüstet und ausgestattet und der Führung des örtlichen Luftschutzleiters (Polizeipräsident oder Kommandeur der Schutzpolizei als seinem ständigen Vertreter) unterstellt. Der Sicherheits- und Hilfsdienst soll alle anderen Luftschutzgliederungen, wenn nötig, nach Bestimmung des örtlichen Luftschutzleiters, überlagernd unterstützen. Er wird Mitte des Jahres 1942 als Luftschutzpolizei („L.S.-Polizei") ganz in die Polizei überführt. Darüber hinaus bestanden noch besondere SHD-Abteilungen (mot.). Sie sind mit dem 1. 4. 1942 als „L.S.-Abt. (mot.)" (= Luftschutzabteilungen, Sonderformationen der Luftwaffe) in die Luftwaffe überführt worden. Sie stehen zur besonderen Verwendung und zum Einsatz auch an anderen Orten (Schwerpunktverlagerung) zur alleinigen Verfügung des Luftgaukommandeurs.

3. **Was erwartet die militärische Führung von baulichen Luftschutzmaßnahmen?**

a) Erschwerung der Auffindbarkeit der Ziele durch entsprechende Planung und Tarnung.

b) Schaffung von richtigen, bequemen und möglichst heizbaren Luftschutzräumen mit Liegemöglichkeiten und verbindenden Branddmauerdurchbrüchen in Neu-, Altbauten oder als Sonderanlagen, also in den Wohnhäusern, an den Arbeitsstätten sowie an öffentlichen Wegen, Straßen und Plätzen zum jederzeitigen Schutz der Bevölkerung gegen Fliegerangriffe daheim, bei der Arbeit und auf dem Wege von und zur Arbeit.

c) Vermeidung der Bildung von besonderen Gefahrenpunkten. Darum aufgelockerte Bauweise, Dezentralisierung von wichtigen Werken, Hinausverlegung leicht explosiver und feuergefährlicher Anlagen aus bewohnten Ortschaften, sowie Erstellung von neuen Siedlungen abseits von luftempfindlichen oder luftgefährdeten Anlagen.

4. **Was ist für den Fall von Luftangriffen vorausschauend zu bedenken?**

a) Die Wirkung von Brandbomben erfordert als Gegenmaßnahmen eine den Ausbruch des Brandes erschwerende Bauweise und vorbeugende Brandschutzmaßnahmen sowie Feuerlöschkräfte und -geräte.

b) Minen- und Splitterbombenwirkungen gebieten ebenfalls als Gegenmaßnahmen eine angepaßte Bauweise (Auflockerung, gewisse Festigkeit gegen Stoß, Sog und Trümmerwirkung), Ausweichungsmöglichkeiten sowie Instandsetzungskräfte mit entsprechenden Geräten und besondere Fachtrupps für Versorgungsgebiete.

c) Gegen Kampfstoffbombenwirkung sind gasdichte Raumabschlüsse und gegebenenfalls Einbau besonderer Frischluftzuführungen, ferner Gasmasken sowie Gasspür- und Entgiftungskräfte und -mittel erforderlich.

d) Zur ärztlichen Versorgung der durch Bombenabwürfe verletzten oder durch Kampfstoff betroffenen Menschen oder Tiere sind Luftschutzsanitäts- und -veterinärkräfte sowie entsprechende Luftschutzsanitäts- oder -veterinäreinrichtungen notwendig.

e) Aus Führungs- und Sicherheitsgründen müssen schließlich genügend Ordnungs- und Absperrkräfte vorhanden sein.

f) Um gezielte Nachtangriffe auszuschalten, ist allgemein eine restlose Verdunkelung durchzuführen.

Alle diese Erfordernisse für den Luftschutz und die Grundlagen für die Ausbildung seiner Gliederungen werden eingehend in den nachfolgenden Aufsätzen dieses Buches behandelt.

Bei den zu treffenden Luftschutzmaßnahmen müssen wir zeitlich unterscheiden solche, die schon im Frieden vorbereitet werden können, solche, die kurz vor und zu Beginn eines Krieges einzusetzen haben und schließlich solche, die unmittelbar vor, während und nach einem Luftangriff zur Durchführung gelangen müssen. Durch gewisse Luftschutzmaßnahmen kann der gesamte

Wirtschaftsgang in einem Angriffsgebiet unterbrochen werden. Das wirkt sich dann je nach Größe und Art des bedrohten Gebietes oder je nach Wichtigkeit der darin befindlichen Anlagen und nicht zuletzt je nach der Zeitdauer eines Fliegeralarms für die Gesamtproduktion und damit für den Nachschub außerordentlich störend aus. Mithin müssen „Flugmelde- und Luftschutzwarndienst" alles daransetzen, die Zeit der Unterbrechung soweit wie nur möglich zu verkürzen und die LS.-Leiter über die Luftlage fortgesetzt zu unterrichten.

5. Aufgaben des Luftschutzes.

Während die aktive Truppe einerseits durch entscheidend geführte operative Angriffe die Herrschaft in der Luft an sich reißt und hierdurch die feindlichen Gegenangriffe wesentlich erschwert und andererseits durch die aktive Abwehr mit Jagd- oder Nachtflieger- und Flakverbänden nach Möglichkeit die feindlichen Einflüge unterbindet, können die Aufgaben des Luftschutzes im Rahmen der Luftverteidigung wie folgt zusammengefaßt werden:

a) Herabminderung der Wirkung von Luftangriffen auf ein möglichst geringes Maß,
b) schnellste Beseitigung von Bombenschäden aller Art, einschließlich Versorgung Verletzter und Obdachloser,
c) soweit als möglich sofortige Wiedereinschaltung des normalen Wirtschaftsganges zwecks ungestörter und ausreichender Versorgung von Front und Heimat,
d) als Grundbedingung aller Luftschutzmaßnahmen: Strengste Aufrechterhaltung von Ruhe, Ordnung und Sicherheit und damit Erhaltung des Widerstandswillens der gesamten Bevölkerung.

6. Das Ziel des Luftschutzes ist erreicht,

a) wenn jeder Deutsche von der Notwendigkeit des Luftschutzes überzeugt ist, sich auf ihn einstellt und alle ihm möglichen Vorbereitungen so trifft, daß er jederzeit einem plötzlichen Luftangriff gefaßt entgegensehen kann.

Nichts stärkt im Krieg den Siegeswillen des Volkes mehr als das Wissen um die möglichen Ereignisse, insonderheit bei Bombenangriffen, und die ständige Bereitschaft, ihren Folgen zu begegnen,

b) wenn die Gesamtbevölkerung, voran die Führer im Luftschutz, psychologisch stärker sind als die Feindbevölkerung.

Gerade bei schweren, auf die Stimmung der Bevölkerung drückenden Bombenangriffen stärkt nichts den Widerstandswillen eines Volkes mehr, als die aus eigener Überzeugung erkannte Notwendigkeit zum unbedingten Durchhaltenmüssen!

c) wenn das wirtschaftliche Leben — besonders die Kriegswirtschaft — im Fluß bleibt, so daß die Truppe, unbeschwert vom Einfluß des Krieges auf die Heimat, sich völlig ihren militärischen Kampfaufgaben widmen und sich so ihre Schlagkraft erhalten kann.

I. Schlußfolgerung

In diesem Sinne wollen wir im Luftschutz an die Arbeit gehen und stolz sein auf die uns im Krieg gewordene Aufgabe: im Rahmen der Luftverteidigung durch Luftschutz für die Sicherung unserer Arbeitskräfte und Heimat als Waffenschmiede sorgen zu dürfen. Im heutigen modernen Krieg „Volk gegen Volk" muß jeder an seinem Platz seine Pflicht tun! Die alten Unterschiede zwischen Front, Etappe und Heimat gibt es nicht mehr. Deshalb hat auch Reichsmarschall Göring gerade die Bedeutung des Luftschutzes besonders herausgestellt und gesagt: „Der Kämpfer im Luftschutz hat genau so viel Verantwortung und genau so viel Ehre wie der Soldat an der Front!"

Im Kriege gleicht das ganze deutsche Volk gewissermaßen einer auf einem Schiff auf Gedeih und Verderb verbundenen Mannschaft; ob Kapitän, Offizier, Matrose oder Schiffsjunge, das Schicksal aller ist mit dem des Schiffes unlöslich verbunden. Dieses Schiff „Deutschland" hat im Kriege die schwersten Stürme und Unwetter zu bestehen. Und da gibt es nur eins: Es wird unter einheitlicher militärischer Führung unseres obersten Befehlshabers im Zusammenwirken aller Kräfte durch die Brandungen des Krieges siegreich hindurchgesteuert oder es zerschellt und versinkt und mit ihm die gesamte Besatzung. Unser Schiff muß und wird siegreich an Land gehen, aber auf jeden einzelnen kommt es an und in diesem Sinne gilt auch für die Kräfte des Luftschutzes das Wort des Freiheitsdichters Fichte:

Und handeln sollst Du so, als hinge
Von Dir und Deinem Tun allein
Das Schicksal ab der deutschen Dinge
und die Verantwortung wär' Dein!

II. Splitter-, Spreng- und Minenbomben

Von Professor Dr. **H. Carlsohn**

A. Allgemeines

Die drei in der Überschrift aufgeführten Bombenarten haben schon im Weltkriege eine bedeutende Rolle gespielt.

Die ihnen gemeinsamen Bestandteile sind: der Stahlmantel, die Sprengladung, die Zündvorrichtung und die Stabilisierung. Art und Größe der Sprengladung sowie Verwendungszweck bestimmen die Stärke des Stahlmantels.

Man kennt heute Bomben in Tropfen-, Torpedo- und Zylinderform. Bomben von etwa 10—125 kg Gewicht werden als Splitterbomben gegen lebende Ziele, Bomben von 50, 100 und 300 kg Gewicht als Sprengbomben und Bomben von 500, 1000 und mehr kg als Minenbomben gegen tote Ziele verwandt[1]).

Die Zündvorrichtung gehört zu den wichtigsten Teilen der Bombe. Von ihr hängt in erster Linie die Explosionssicherheit ab.

Am oberen Ende befinden sich die Stabilisierungsflächen. Sie geben der Bombe die richtige Lage beim Fallen.

Kleine Bomben werden im Rumpf des Flugzeugs, die schwereren unterhalb des Rumpfes untergebracht. Der Abwurf erfolgt mechanisch, elektrisch oder automatisch.

Die Bombe besitzt im Augenblick des Abwurfs die Geschwindigkeit des Flugzeugs. Diese wirkt in horizontaler Richtung. Dazu kommt die Beschleunigung, die durch die Anziehungskraft der Erde hervorgerufen wird. Nach physikalischen Gesetzen[2]) ergibt sich, daß der von der Bombe beschriebene Weg nicht eine Gerade, sondern eine Kurve ist. Der Flieger hat also nicht nur die „Fallzeit", sondern auch die sog. „Wurfweite" zu berücksichtigen, d. h. die Länge des Weges, den die Bombe in horizontaler Richtung zurücklegt.

Die Vorgänge beim Fall einer Bombe mit Flügelradsicherung lassen sich kurz folgendermaßen beschreiben:

[1]) Siehe auch Nagel, Gas- und Luftschutz **5**, 3 (1935).

[2]) Degosang, Gas- und Luftschutz **4**, 118 (1934).

Auf den Zünder ist ein Flügelrad geschraubt, welches gesichert ist gegen unvorhergesehenes Herausschrauben. Beim Lösen der Bomben wird diese Flügelradsicherung gelöst, das Flügelrad schraubt sich, angetrieben durch die Luftströmung, heraus und fliegt weg. Dadurch wird der Sicherungsbolzen gelöst und beim Auftreffen der Bombe auf irgendeinen Widerstand fällt der Schlagstift auf die Zündkapsel und bringt diese zur Detonation. Hierdurch wird die gesamte Sprengladung zur Explosion gebracht.

Splitterbomben explodieren sofort beim Aufschlag. Sie haben einen Aufschlagzünder (auch Augenblickszünder genannt). Man will bei ihnen vermeiden, daß Splitter durch Eindringen der Bombe in das Ziel verlorengehen.

Spreng- und Minenbomben dagegen sollen erst einige Zeit nach dem Aufschlag explodieren. Aus diesem Grunde hat man bei ihnen zwischen Zündkapsel und Detonator einen Verzögerungssatz eingebaut. Man erreicht damit, daß das Ziel erst durchschlagen und dadurch die Spreng- und Minenwirkung vergrößert wird.

Besondere Bedeutung kommt denjenigen Bomben zu, welche mit sog. Zeitzündern ausgestattet sind. Sie enthalten eine Einrichtung, welche die Zündung um Stunden oder Tage verzögert. Sie stellen eine besondere Gefahr deshalb dar, weil sie schwer von wirklichen Blindgängern unterschieden werden können und die Größe der Verzögerungszeit unbekannt ist.

Da die Größe der Wirkung im wesentlichen von der Menge und der richtigen Anwendung der verschiedenen Sprengstoffe abhängt, ist es notwendig, das Verhalten der wichtigsten Sprengstoffe zu kennen.

B. Chemische Zusammensetzung der Sprengstoffe

Es würde unzweckmäßig sein, hier eine Übersicht[1]) über sämtliche Sprengstoffe zu geben.

Wir haben zu unterscheiden zwischen den Sprengstoffen der Zündkapsel, den Detonatoren und den eigentlichen Sprengstoffen. Im folgenden werden nur einige der modernsten aufgeführt.

1. Die Sprengstoffe der Zündkapsel

Die in den Zündkapseln untergebrachten Sprengstoffe sind Stoffe, die besonders leicht explodieren. Fabrikation, Versand und Umgang mit

[1]) Ph. Naoum, Schieß- und Sprengstoffe, Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig 1927; Stettbacher, Schieß- und Sprengstoffe, Leipzig 1933; siehe ferner: Majrich, Die Chemie und Industrie der Sprengstoffe, Chemiker-Zeitung **58**, 313 (1934); F. L. Davis, Army Ordnance **20**, 91 (1939), CBl. **1940** II, 851.

Sprengkapseln ist außerordentlich gefährlich. Knallquecksilber, der historische Sprengstoff der Zündkapsel, hat den Nachteil, feuchtigkeitsempfindlich zu sein. Es ist durch das gegen Feuchtigkeit bedeutend weniger empfindliche Bleiazid verdrängt worden. Dieser Wechsel der Sprengstoffe hat auch eine Änderung des Materials der Sprengkapselhülle mit sich gebracht. Während für Knallquecksilber die Kapsel aus Kupfer oder Messing bestand, kommt für Bleiazid nur Aluminium in Frage. Bleiazid gehört zu den Sprengstoffen, bei welchen auch durch hohe Drucke die Detonationsfähigkeit nicht verändert wird. In Verbindung mit Tetryl oder Pentrit[1]), welche ebenfalls ohne Verminderung ihrer Eigenschaften durch starken Druck komprimiert werden können, hat man Gemische geschaffen, welche auf kleinstem Raum größte Detonationswirkung entfalten.

Man hat daher bei Bomben in erster Linie mit Bleiazid-, Tetryl-Bleiazid- oder Pentrit-Bleiazidkapseln zu rechnen.

2. Detonatoren

Je nach der Vorbehandlung (Druckbehandlung) zeigen Sprengstoffe verschiedenes Verhalten hinsichtlich ihrer Detonierbarkeit. So läßt sich gepreßte oder geschmolzene Pikrinsäure im Gegensatz zur kristallisierten nicht mehr durch eine kleine Sprengkapsel zur Detonation bringen. Man bedarf in diesem Fall vielmehr einer stärkeren Zündladung. Die Sprengkapsel bringt in solchen Fällen erst eine gewisse Menge eines leicht detonierbaren Sprengstoffes zur Explosion, und diese dann die gesamte Sprengladung.

Geeignet für solche vermittelnde Zündladungen sind hochbrisante Sprengstoffe, welche auch nach stärkerem Pressen ihre leichte Detonierbarkeit behalten. Es sind vor allem Tetryl und Pentrit zu nennen.

a) Tetryl (Tetranitromethylanilin oder Trinitrophenylmethylnitramin)

Tetryl ist ein lockeres blaßgelbes Pulver, welches in Wasser sehr wenig, in Azeton und Benzol leicht löslich ist. Es brennt mit leuchtender Flamme rasch und unter Rauschen ab. Durch einen Druck von etwa 2000—4000 Atmosphären kann es zu einem gelben schwefelähnlichen Stoff gepreßt werden, welcher noch ebenso leicht detonierbar ist wie das ungepreßte Pulver.

Wissenschaftliches: Man erhält diesen außerordentlich brisanten Sprengstoff durch Nitrieren von Dimethylanilin mit Salpetersäure-Schwefelsäure bei etwa 35—40°. Es werden zunächst drei Nitrogruppen in den Kern eingeführt, dann erfolgt Oxydation einer Methylgruppe,

[1]) Siehe unten und S. 21.

wobei gleichzeitig an deren Stelle eine Nitrogruppe tritt. Das aus Benzol umkristallisierte Produkt schmilzt bei 131,5°.

Es ist 1877 zuerst von Mertens erhalten worden und wird in Deutschland seit etwa 1906 technisch hergestellt.

b) Pentrit (Pentaerythrit-tetranitrat)

Dieser schnellstdetonierende und brisanteste aller Sprengstoffe von einheitlicher chemischer Zusammensetzung stellt ein weißes, sehr lockeres Kristallpulver dar. Die große Zukunft[1]), die dieser Sprengstoff vermutlich haben wird, liegt darin, daß er seine außerordentliche Brisanz stets, auch bei tiefen Temperaturen, sowie auch in Mischungen mit anderen schwer detonierenden Sprengstoffen beibehält.

Wissenschaftliches: Pentrit gehört zu den Sprengstoffen, die man aus den Elementen selbst aufbauen kann und zu deren Herstellung die Ausgangsmaterialien Kohle, Luft und Wasser, in beliebiger Menge im Lande zur Verfügung stehen. Das erste Zwischenprodukt, der Pentaerythrit, wird technisch nach verschiedenen Verfahren erhalten. Man gibt z. B. zu einer Suspension von 800 g Paraformaldehyd mit 210 g Azetaldehyd in 5½ Liter Wasser unterhalb 55° 180 g Kalziumoxyd. Die Umsetzung erfolgt nach der Gleichung:

$$8\,CH_2O + 2\,CH_3CHO + Ca(OH)_2 \rightarrow 2\,C(CH_2OH)_4 + (HCOO)_2Ca$$

Bei dieser Reaktion entsteht als Nebenprodukt eine 6fach hydroxylierte Verbindung, Dipentaerythrit. Von diesem ist Pentaerythrit durch Kristallisation allerdings nur schwer zu trennen. Man kann[2]) jedoch den Gehalt an Dipentaerythrit aus der Lage des Schmelzpunktes der Substanz bestimmen. Völlig reiner Pentaerythrit schmilzt bei 260°, Dipentaerythrit bei 221°. Aus dem Schmelzpunktdiagramm der beiden Komponenten geht hervor, daß Pentaerythrit, welcher 5% Dipentaerythrit enthält, bei 251° und solcher, welcher 10% enthält, bei 235° schmilzt. Da der technisch hergestellte Pentaerythrit etwa zwischen 235 und 250° schmilzt, enthält er somit 5—10% der genannten Verunreinigung. Diese sind jedoch ohne wesentlichen Einfluß auf die Nitrierung. Außerdem läßt sich das nitrierte Produkt durch Umkristallisieren in Azeton weitgehend von dem Nitrierungsprodukt des Dipentaerythrits reinigen.

Die Nitrierung des Pentaerythrits erfolgt nach der Gleichung:

$$C(CH_2OH)_4 + 4\,HNO_3 \rightarrow C(CH_2ONO_2)_4 + 4\,H_2O.$$

Man gibt Pentaerythrit langsam und bei einer 25° nicht übersteigenden Temperatur in den 3,3fachen Überschuß rauchender Salpetersäure (spez.

[1]) Siehe hierzu Justrow, Der technische Krieg, II. Bd., Berlin 1939, S. 55.

[2]) Friederich und Brün, Ber. d. d. Chem. Ges. 63, 2681 (1930).

Gew. 1,51) und setzt nach erfolgter Einwirkung dem Reaktionsgemisch konzentrierte Schwefelsäure zu, worauf sich das Nitrierungsprodukt als feine Kristallmasse abscheidet. Sie wird sorgfältig von beigemengter Säure befreit. Die Entfernung der letzten Spuren Säure, sowie die endgültige Reinigung erfolgt, wie bereits erwähnt, durch Umkristallisieren in Azeton unter Zusatz von etwas Ammonkarbonat.

Erstmalig wurde der Sprengstoff dargestellt von Tollens und Wigand 1891. Ein halbtechnisches Verfahren veröffentlichte Stettbacher 1916[1]).

3. Die Sprengladung der Bomben

Die im vorangegangenen behandelten Sprengstoffe dienen gewissermaßen nur als Mittel zum Zweck: sie sollen die eigentliche Sprengladung der Bombe zur Explosion bringen. Diese wird bei den modernen Fliegerbomben je nach dem Zweck vereinzelt noch aus Pikrinsäure, meist aber aus dem bewährten Trotyl, aus Nitrobenzol-Stickstofftetroxyd oder aus Pentrit-Nitroglyzerin (Pentrinit) bestehen.

a) Pikrinsäure (Trinitrophenol)

Die Pikrinsäure kann als der erste „schußsichere" Sprengstoff angesehen werden. Als solche ist sie auch im Weltkrieg noch in großen Mengen verwendet worden. Aber gewisse erhebliche Nachteile haben diesem Sprengstoff die Vormachtstellung zum großen Teil entrissen. Der Hauptnachteil bei der Verwendung von Pikrinsäure liegt darin, daß die an sich harmlos zu handhabende Substanz mit Metallen sehr schlagempfindliche Pikrate bildet, wodurch der Umgang mit Pikrinsäure, selbst, wenn es sich nur um Bildung kleiner Mengen dieser Salze handelt, sehr gefährlich wird. Man muß z. B. die Geschoßhülsen vorher lackieren, um Berührung des Sprengstoffs mit der Metallwandung zu vermeiden.

Pikrinsäure ist im reinen Zustande eine fast weiße Substanz, welche bei etwa 122° schmilzt. Man kann sie durch Nitrieren von Benzol oder Phenol darstellen.

b) Trotyl (Trinitrotoluol)

Dieser chemisch nahezu reine Sprengstoff, auch „Reintri" genannt, stellt ein gelbes bis weißes Kristallpulver dar. Er ist sowohl an trockener wie an feuchter Luft beständig. Geringe Zersetzung erfolgt unter dem Einfluß des Lichtes. Wie viele andere Nitroverbindungen hat Trotyl die unangenehme Eigenschaft, die Haut langsam rotbraun zu färben („Fabrik-Indianer"). Die Eignung dieses Sprengstoffes für viele militärische Zwecke besteht darin, daß er sehr unempfindlich und vor allen

[1]) Stettbacher, Z. f. Schieß- u. Sprengstoffwesen 182—184 (1916).

Dingen im gepreßten und geschmolzenen Zustande schwer detonierbar ist. Gerade infolge der Schußsicherheit, d. h. Unempfindlichkeit gegen den Stoß, hat der Sprengstoff allgemeine Einführung gefunden.

Wissenschaftliches: Das als Sprengstoff verwandte Trinitrotoluol ist chemisch 1-,2-,4-,6-Trinitrotoluol. Es schmilzt ohne Zersetzung bei 81°; erst bei höherer Temperatur zersetzt es sich, unter Umständen explosionsartig. Die Dichte des Sprengstoffes kann durch Schmelzen auf 1,54, durch hohen Druck (4000 Atmosphären) auf 1,65 gebracht werden.

Die Darstellung des Trotyls erfolgt im allgemeinen nicht direkt aus dem Toluol, denn technisch ist dieses Problem wohl noch nicht vollständig gelöst worden. Vielmehr stellt man zunächst Mono- oder Dinitrotoluol her und nitriert diese dann weiter zur Trinitroverbindung. Die getrennte Arbeitsweise ist deshalb anzuwenden, weil die Einführung der verschiedenen Nitrogruppen von der Salpetersäurekonzentration der angewandten Nitriersäure abhängt und zur Einführung der ersten Nitrogruppe eine viel geringere Salpetersäurekonzentration notwendig ist als bei der Einführung der dritten. So erhält man im allgemeinen Dinitrotoluol durch Einwirkung einer Nitriersäure von 10—22% Salpetersäure im 1,5—1,8fachen Überschuß, bezogen auf das angewandte Toluol, während zur Nitrierung des Dinitrotoluols ein wasserfreies Nitriergemisch mit 20—25% Salpetersäure im Verhältnis 1:4—1:5, bezogen auf Dinitrotoluol, nötig ist. Das durch Waschen von Säuren befreite Produkt wird schließlich aus Alkohol umkristallisiert.

c) Nitrobenzol-Stickstofftetroxyd

Dieses Gemenge ist von den Franzosen als Füllmittel für Fliegerbomben bereits während des Weltkrieges in größeren Mengen verwendet worden. Es besitzt eine ausgezeichnete brisante und zersplitternde Sprengwirkung.

Stickstofftetroxyd, eine klare rotbraune Flüssigkeit, ist an sich kein Sprengstoff, ist auch an und für sich ganz beständig. Es läßt sich mit Nitrobenzol mischen, ohne daß auch dann ohne weiteres Zersetzung eintritt. In den Fliegerbomben wird es zweckmäßig erst während des Abwurfs durch die Tätigkeit zweier Windflügel gemischt und durch Zündung zur Explosion gebracht.

Die Güte des Sprengstoffes hängt außerordentlich vom richtigen Mischungsverhältnis der beiden Stoffe Nitrobenzol und Stickstofftetroxyd ab. Die günstigste Zusammensetzung ist: 30 Teile Nitrobenzol und 70 Teile Stickstofftetroxyd.

Da das Stickstofftetroxyd als letztes Zwischenprodukt bei der Verbrennung von Ammoniak zu Salpetersäure erhalten wird, ist es außerordentlich einfach, im Bedarfsfalle größere Mengen dieses Stoffes für die Sprengstoffverwendung zur Verfügung zu haben.

Mischungen von Nitrobenzol und Stickstofftetroxyd sind erstmalig schon 1881 von Turpin als Sprengstoff unter dem Namen „Panklastite" vorgeschlagen, aber nicht beachtet worden.

d) Pentrinit

ist eine Mischung aus Pentrit und Nitroglyzerin[1]). Die hervorragenden Eigenschaften sind aus den obigen Darstellungen und vor allem aus der folgenden Tabelle zu erkennen:

Wirkung[2]) von Pentrinit im Vergleich mit anderen Sprengmitteln:

	Detonationsgeschwindigkeit m/sek	Explosionswärme kcal/kg	Anwendbare Maximaldichte
Pentrit	8600	1400	1,70
Pentrinit (80 % Pentrit und 20 % Nitroglyzerin)	über 8000	1450	1,70
Trotyl	6700	950	1,65
Nitroglyzerin	7450	1490	1,59
Glykoldinitrat	7800	1581	1,49

Auch die übrigen in Frage kommenden Eigenschaften scheinen diesem hochbrisanten Sprengstoff eine hervorragende Stellung unter den modernen Sprengstoffen zu sichern.

C. Der Verlauf der Explosion von Sprengstoffen

Die Explosion und die damit verbundene Zertrümmerung der Bombe und die anschließend folgenden Zerstörungen werden dadurch hervorgerufen, daß durch die plötzliche „Selbstzerstörung" und die Bildung gasförmiger Produkte der Raum, den die Sprengladung ursprünglich einnahm, plötzlich von gasförmigen Produkten ausgefüllt wird, welche unter normalen Bedingungen das Vielfache dieses Volumens (zirka 1000fache) einnehmen. Diesem ungeheuren Druck hält aber die Bombe nicht stand: sie „explodiert".

Allgemein sind Sprengstoffe in sehr verschiedener Weise aus den chemischen Elementen aufgebaut. Es sind anorganische und organische

[1]) Stettbacher, Chem. Ztg. 58, 719 (1934), siehe hierzu jedoch Herz, Z. f. Schieß- u. Sprengstoffwesen 29, 159 (1934), Naoum, Chem. Ztg. 58, 959 (1934).

[2]) Stettbacher, Chem. Ztg. 53, 533, 554 (1929); 58, 719 (1934).

bekannt, ferner einfach und kompliziert zusammengesetzte. Speziell die organischen Sprengstoffe bestehen aus C, H, O, N.

Die unter Luftabschluß vor sich gehende Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs zu Kohlensäure und Wasser ist vollständig, wenn der Sprengstoff die nötige Menge Sauerstoff chemisch gebunden enthält. Andernfalls bildet sich giftiges Kohlenoxyd, oder es kommt sogar zur Abscheidung von Kohlenstoff als Ruß. Je nach der Größe des Gehalts an Sauerstoff kann man daher nach Poppenberg 3 Gruppen von Sprengstoffen unterscheiden:

1. Sprengstoffe, welche den zur vollständigen Verbrennung notwendigen Sauerstoff enthalten: Beispiel Nitroglyzerin.
2. Sprengstoffe, die zwar bei der Explosion vergasen, aber nicht vollständig verbrennen: Beispiel Nitropentaerythrit.
3. Sprengstoffe, die so wenig Sauerstoff enthalten, daß sich Ruß bei der Explosion abscheidet. Beispiel: Trinitrotolnol.

Bei den Sprengstoffen also, die nicht genügend Sauerstoff enthalten, wird die Bildung von giftigem Kohlenoxyd gefördert. Aber auch bei den Sprengstoffen der Gruppe 1 ist mit der Bildung von reichlich Kohlenoxyd und Stickoxyden zu rechnen, wenn sie nicht vollständig explodieren.

In der Hauptsache treten bei der Explosion der Sprengstoffe folgende Produkte auf:

Kohlendioxyd, Kohlenoxyd, Wasserdampf, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickoxyd, Stickstoff, Ammoniak, Methan, Blausäure, Zyan und Ruß. Von diesen sind giftig: Kohlenoxyd, Stickoxyd, Blausäure und Zyan. Der Bildung dieser Stoffe ist daher beim Gas- und Luftschutz genügend Beachtung zu schenken.

D. Die Wirkung der Splitterbomben

Splitterbomben, welche gegen lebende Ziele gerichtet sind und ein Gewicht von etwa 100 kg und mehr haben, müssen sofort beim Aufschlag explodieren. Sie dürfen nicht erst in die Erde eindringen, da sie sonst an Kraft einbüßen würden. Sie besitzen neben Splitter- vor allem sehr große Luftdruckwirkung.

Die Splitterwirkung ist in nächster Nähe des Einschlags außerordentlich groß. Der Stahlmantel der Bombe wird bei der Explosion in eine beträchtliche Zahl kleiner zackiger Stücke (etwa 1000) zerrissen, welche mit ungeheurer Geschwindigkeit (bis zu etwa 2000 m/sec) fortgeschleudert werden. Die Wucht, mit der diese Splitter auf feste Gegenstände auftreffen, ist mitunter so beträchtlich, daß das Metall schmilzt.

Die Luftdruckwirkung scheint schon auf Grund der Erfahrungen, die im spanischen Kriege gemacht worden sind[1]), mitunter größer zu sein als die Splitterwirkung. Man könnte die Splitterbomben daher auch Luftdruckbomben nennen. Siehe S. 30.

E. Die Wirkung der Spreng- und Minenbomben

Die genaue Kenntnis der Wirkung der Spreng- und Minenbomben ist wichtig für die Ergreifung wichtiger Schutzmaßnahmen gegen diese Kampfmittel. Vielfach geäußerte Ansichten, wonach es „gegen solche Bomben keinen Schutz gibt" oder „allenfalls starke Betondecken und Stahlpanzer, deren Einbau in Wohnhäuser aber aus finanziellen Gründen nicht möglich ist, solchen Bomben standhalten", sind unrichtig.

Durch praktische Versuche ist festgestellt worden, wie die Verhältnisse wirklich liegen. Die Ergebnisse sind rechnerisch auswertbar, so daß Baumeister und Ingenieur in der Lage sind, weitgehend Schutzmaßnahmen für Bauten zu treffen.

Bei der praktischen und theoretischen Behandlung dieses Gebietes hat man in der Hauptsache folgende Punkte zu bedenken:

1. Auftreffwucht und Eindringungstiefe.
2. Explosionswirkung.
   a) Zerstörungszone.
   b) Gesamte gefährdete Tiefe.
   c) Erderschütterung.
   d) Luftdruck.

1. Die Auftreffwucht und Eindringungstiefe

Die Fallgeschwindigkeit einer Bombe wird in erster Linie durch die Anziehungskraft der Erde bestimmt[2]). Unter der Voraussetzung, daß die Bombe die günstigste Form besitzt, hat man festgestellt, daß die Geschwindigkeit mit zunehmender Abwurfhöhe bei 4000 m Höhe den Wert von etwa 250 m/sec erreicht[3]). Beim Abwurf aus noch größerer Höhe übt der zunehmende Luftwiderstand eine merklich hemmende Wirkung aus, so daß mit einer größeren

[1]) Siehe hierzu: Heinz-Günther Mehl, Gasschutz und Luftschutz 9, 65 (1939).

[2]) Siehe hierzu Justrow, Z. f. d. ges. Schieß- u. Sprengstoffwesen, Heft 4 (1927); Peres, Gas- und Luftschutz 2, 253 (1932); 3, 141 (1933); Wabnitz, Gas- und Luftschutz 3, 91 (1933); Roos, Gas- und Luftschutz 2, 25 (1932); siehe hierzu auch Vieser, Gas- und Luftschutz 4, 309 (1934).

[3]) Siehe hierzu Degosang, Gas- und Luftschutz 4, 118 (1934); ferner Maier in Knipfer-Hampe, Der zivile Luftschutz, S. 85 (1934).

Geschwindigkeit kaum zu rechnen ist. Beim Abwurf aus geringer Höhe, einem Verfahren, welches heutzutage von sog. Sturzkampffliegern ausgeführt wird, erzielt man ähnliche hohe Auftreffgeschwindigkeiten wie beim Abwurf aus großer Höhe, weil die Fahrgeschwindigkeit beim Sturzflug bis zu 800 km betragen kann, womit die Bomben eine Anfangsgeschwindigkeit von 200 m/sec und mehr erhalten[1]).

Die Auftreffwucht E ist

$$E = \frac{m\,v^2}{2}$$

(m = die Masse der Bombe, v = die Geschwindigkeit).

Auftreffwucht und Eindringungstiefe für Bomben verschiedenen Gewichts (v = 250 m/sec)

Gewicht der Bombe kg	Durchmesser cm	Auftreffwucht mt	Eindringungstiefe in lockere Erde m
12	9	38	4,0
50	18	160	4,2
100	25	320	4,4
300	36	970	6,3
1000	55	3200	9,0

Die Eindringungstiefe h hängt ab:

1. von der Auftreffwucht E,
2. von dem maximalen Durchmesser D in cm

$\left(\text{maximaler Querschnitt } \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2\right)$ und

3. dem Widerstandskoeffizienten w des Materials.

Unter der Voraussetzung, daß die Bombe die für den Fall günstigste Form hat, ist

$$h = \frac{E \cdot w}{\frac{\pi D^2}{4}}.$$

w ist je nach der Natur des Materials verschieden:

Für Erde 1/150,
Für Beton . . . . . 1/750—1/1200 je nach Güte (Mittel 1/1000),
Für Eisenbeton . . . 1/1500—1/2250,
Für Stahl . . . . . 1/150000.

[1]) Siehe hierzu Justrow, Der technische Krieg, II. Bd., Berlin 1939, S. 42.

An Hand dieser Formel kann man für eine 100-kg-Bombe (Kaliber 25 cm) folgende Eindringungstiefen berechnen:

Erde m	Beton m	Eisenbeton m	Stahl m
4,4	0,55	0,33	0,04

2. Die Explosionswirkung der Bomben

Es gibt, wie S. 19 erwähnt worden ist, zwei Möglichkeiten, um eine Bombe zur Explosion zu bringen. Richtet sich der Abwurf gegen lebende Ziele, dann verwendet man empfindliche Zünder, d. h. Zünder, die sofort nach Auftreffen auf das Ziel die Bombe zur Explosion bringen, dabei aber nur wenig das darunterliegende Material zerstören. Ist Materialzerstörung beabsichtigt, dann benutzt man Zünder mit Verzögerung. In diesem Falle wird der Zünder beim Aufschlagen der Bombe auf das Ziel zwar ausgelöst, bringt die Sprengladung aber erst nach einer bestimmten Zeit zur Explosion. Angewandt auf die üblichen Wohnhäuser mit Höhen von 12—25 m und bei einer Endgeschwindigkeit der Bombe von 250 m/sec, würde die Bombe vom Durchschlagen des Daches an bis zum Erreichen des Kellers etwa $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ sec brauchen. Man wird sie daher, um sie sofort, nachdem sie im Keller angelangt ist, explodieren zu lassen, mit einer Verzögerung von etwa $^1/_{10}$ sec versehen. Sie wird dann den größtmöglichen Schaden anrichten.

a) Die Zerstörungszone

Der Umfang der sog. **Zerstörungszone**, welche beim Einschlag entsteht, hängt von der Größe der **Sprengladung** L, von dem **Material** (c = Materialkoeffizient) und von der Eindringungstiefe ab. Dieser letztere Einfluß wird durch den Verdämmungsfaktor d ausgedrückt.

Die Größe der Zerstörungszone versucht man rechnerisch so zu erfassen, daß man den Radius r der den Explosionspunkt umgebenden Zone ermittelt. Man hat die Gleichung[1]) aufgestellt:

$$r = \sqrt[3]{\frac{L \cdot d}{c}}.$$

Als Materialkoeffizienten c werden angenommen für

Erde	Beton	Eisenbeton
0,7	3	6

[1]) Verschiedentlich wird in dieser Formel für d der reziproke Wert genommen. Er steht natürlich dann im Nenner. Siehe hierzu Peres, Gas- und Luftschutz 3, 141 (1933) und Wabnitz, Gas- und Luftschutz 3, 91 (1933).

Der Widerstandskoeffizient w (siehe S. 27) und der Materialkoeffizient c stehen in einem gewissen Zusammenhang. Es ist

$$c \cdot w \sim \text{konst} \sim 0{,}004.$$

Der Verdämmungsfaktor d ist um so kleiner, je kleiner die Eindringungstiefe der Bombe in bezug auf den zu erwartenden Radius ist. Von einer „günstigen" Verdämmung spricht man, wenn die Bombe tief eindringt, also der Radius der Zerstörungszone klein im Vergleich zur Eindringungstiefe ist, und erteilt dieser Verdämmung den Wert 1. Mit wachsendem r und abnehmendem h nimmt dieser Verdämmungsfaktor d ab bis etwa zu d = 0,175. Man kann folgende Werte annehmen:

d = 0,66 für die 300- und 1000-kg-Bombe in Erde,
0,4 für die 100-kg-Bombe in Erde;
d = 0,25—0,4 für kleinere Bomben in Beton,
0,175—0,225 für größere Bomben in Beton.

Die Berechnung der Zerstörungszone bei Bomben, die nur zum Teil in das Zielmaterial eingedrungen sind, ist ziemlich schwierig, denn es ist zu berücksichtigen, daß nicht die gesamte Sprengladung für die Berechnung des Radius der Zerstörungszone in Frage kommt.

Im allgemeinen sind die Dimensionen einer Sprengbombe so gewählt, daß die Länge der Bombe etwa 6 Kaliberdurchmesser beträgt. Davon ist für die Zündeinrichtung und die Verstärkung der Spitze etwa 1 Kaliberdurchmesser in Rechnung zu setzen, so daß die Sprengladung auf die übrigen 5 Kaliberlängen zu gleichen Teilen zu verteilen ist. Da nun die Sprengbomben in Beton etwa nur bis zu 2 Kaliberlängen eindringen und hiervon 1 Kaliberlänge für Spitzenverstärkung der Bombe u. a. abzuziehen ist, ist die Sprengladung, die für die Materialzerstörung in Frage kommt, etwa mit $^1/_5$ der Gesamtsprengladung in Rechnung zu setzen.

Beispiel: Zerstörungszone einer 100-kg-Bombe in Beton:
Kaliberdurchmesser . . . . 0,25 m
Eindringungstiefe in Beton . . . 0,55 m
L = $^1/_5$ der Sprengladung = 10 kg
c = 3
d = 0,175 (schlechte Verdämmung)

$$r = \sqrt[3]{\frac{L \cdot d}{c}} = 0{,}83 \text{ m}.$$

b) Die gesamte gefährdete Tiefe

Die **gesamte gefährdete Tiefe** H beim Einschlag einer Bombe berechnet man in der Weise, daß man zunächst von der Eindringungs-

tiefe h die Hälfte der Bombenlänge B abzieht. Der Punkt gibt den Explosionsmittelpunkt an. Diesem zählt man noch die Länge des Radius r der Zerstörungszone zu:

1. Beispiel: 100-kg-Bombe in Erde.

$$H = h - \frac{1}{2}B + r$$
$$h = 4{,}4 \text{ m}$$
$$B = 1{,}5 \text{ m}$$
$$r = 3{,}15 \text{ m}$$
$$H = 4{,}4 - 0{,}75 + 3{,}15 = 6{,}80 \text{ m}.$$

Eine Erdschicht von 6,80 m Durchmesser würde somit gegen eine 100-kg-Bombe notwendig sein.

2. Beispiel: 100-kg-Bombe in Beton.

Die Berechnung erfolgt ähnlich. Nur muß man von h zunächst 1 Kaliberlänge für Spitzenverstärkung usw. abziehen, da h = B ist. B entspricht in diesem Falle nicht der gesamten Bombenlänge, sondern nur dem in das Material eingedrungenen Teil.

$$H = \frac{0{,}55 - 0{,}25}{2} + 0{,}83 = 0{,}97 \text{ m}.$$

Die gesamte gefährdete Tiefe einer 100-kg-Bombe in Beton wäre somit etwa 0,97 m.

Die folgende Übersicht[1]) enthält die Zerstörungstiefen in Beton für verschiedene Bomben:

0,82 m für die 50-kg-Bombe,
0,97 m für die 100-kg-Bombe,
1,49 m für die 300-kg-Bombe,
2,27 m für die 1000-kg-Bombe.

c) Die Erderschütterung

Die durch die Erde übertragene Erschütterung[2]) bei der Explosion einer Bombe ist je nach der Zusammensetzung des Erdbodens verschieden und nimmt ab in der Reihenfolge Fels, Erde, Sand. Es ist an sich nicht zu befürchten, daß Schädigungen durch von der Erde übertragene Erschütterungen in größerem Umfange entstehen.

d) Der Luftdruck

Um sich ein richtiges Bild machen zu können, seien im folgenden einige in verschiedenen Ländern ausgeführte praktische Versuche zusammengestellt[3]):

[1]) Siehe ferner Maier, in Knipfer-Hampe, Der zivile Luftschutz, S. 88 (1934).

[2]) Stettbacher, Die Schieß- und Sprengstoffe, S. 52 (1933); Erschütterungen durch Sprengungen, S. 2—5 (1930).

[3]) Peres, Gas- und Luftschutz 2, 253 (1932).

1. In Entfernung von 7, 15 und 22 m von den Wänden eines aus Ziegeln gebauten Hauses wurden auf Panzerplatten stehend Bomben von 136 kg (mit 52%, also 70 kg Sprengladung) zur Explosion gebracht. Ergebnis: Die Außenwände des Hauses blieben unversehrt, waren nur mit Splittern gespickt, das Dach wurde beschädigt und eine leichtere Innenwand des Hauses zum Einsturz gebracht.

2. 1000 kg Sprengstoff wurden in der Chem.-Techn. Reichsanstalt zur Explosion gebracht. Der auftretende Luftdruck wurde in Entfernungen von 20 und 40 m vom Explosionsherd gemessen. Er ergab sich zu 5 kg/qcm bzw. zu 2 kg/qcm.

Da der Druck annähernd der Quadratwurzel der Größe der Sprengladung proportional ist, ergibt sich für die 100-kg-Bombe mit 50 kg Sprengstoff in 40 m Entfernung der Druck von etwa

$$\sqrt{\frac{1000}{50}} = \frac{2}{x}$$

$$x^2 = \frac{4}{20} \qquad (1)$$

$$x = 0{,}45 \text{ kg/qcm}.$$

Da dieser Druck bei den in Rede stehenden Entfernungen etwa umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung ist[1]), besteht zwischen den Entfernungen R_1 und R_2 und den auftretenden Drucken P_1 und P_2 die folgende Gleichung (Berthelot):

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1^2}{R_2^2} \qquad (2)$$

Mit Hilfe der beiden Gleichungen (1) und (2) ergibt sich für eine der schwersten Bomben, für die Bombe mit 1800 kg Gesamtgewicht und mit einem Sprengstoffgehalt von etwa 900 kg, für eine Entfernung von 100 m vom Explosionsherd, der folgende Druck: Wir berechnen nach Gleichung (1) den Explosionsdruck für eine Entfernung von 40 m. Es ist

$$\sqrt{\frac{1000}{900}} = \frac{2}{P_1}.$$

Es ergibt sich $P_1 = 1{,}9$ kg/cm². Diesen Wert P_1 setzen wir in Gleichung (2) ein und berechnen den Druck P_2 in 100 m Entfernung:

[1]) In unmittelbarer Nähe des Einschlagpunktes nimmt er rascher als umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung und in Entfernungen von mehr als 400 m etwa umgekehrt proportional der Entfernung ab.

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{R_1^2}{R_2^2},$$

$$\frac{P_2}{1,9} = \frac{40^2}{100^2},$$

$$P_2 = \frac{4 \cdot 1,9}{25} = 0,304 \text{ kg/cm}^2.$$

Dieser Wert dürfte der höchste Wert für den Luftdruck einer Bombe in 100m Entfernung vom Explosionsherd sein. Da nun weitere, ebenfalls in der Chemisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführte Untersuchungen ergeben haben, daß ein Luftstoß von 0,200 kg/cm² eine Hauswand nicht zum Einsturz bringt, dürfte auch die Gefahr, daß ein Haus in 100 m Entfernung vom Explosionsherd durch den Luftdruck einer explodierenden Fliegerbombe zum Einsturz gebracht wird, nur gering sein. Auf Grund von praktischen Erfahrungen, welche im spanischen Kriege gemacht worden sind, sind von hochbrisanten, etwa 100 kg schweren Splitterbomben allein durch Luftdruckwirkung Häuser, welche in der Bauweise nur dem Winddruck Rechnung trugen, im Umkreis von etwa 50 m gefährdet gewesen[1]).

[1]) Siehe H.-G. Mehl, l. c.

III. Brandbomben

Von Professor Dr. **H. Carlsohn**

Schon im Weltkriege 1914—18 sind Brandbomben vom Flugzeug aus abgeworfen worden. Doch können alle diese Fälle eigentlich nur als erste Versuche bewertet werden. Immerhin war Ende 1918 die weitere Entwicklung der Brandbombe gekennzeichnet. Als letztes Glied in dieser Entwicklungsreihe stand 1918 die Elektronbrandbombe. — Sie ist zwar im Weltkrieg nicht mehr zur Anwendung gekommen. Aber in der Nachkriegszeit ist dieser Bombenart viel Beachtung geschenkt worden.

Anfangs füllte man Brandbomben mit einer brennbaren Flüssigkeit, welche beim Aufschlag durch eine Zündung in Brand gesetzt wurde. Im Laufe der Zeit haben sich 2 Brandsätze als die wichtigsten ergeben: Phosphor und Thermit.

In den Jahren nach dem Weltkriege hatte man noch keine praktischen Erfahrungen sammeln können, und so kam es, daß die Wichtigkeit und Notwendigkeit der Brandbombe als Waffe umstritten war und daß man noch keine Entscheidung zu treffen wagte, ob die Phosphorbrandbombe oder Thermit-Elektronbrandbombe in einem zukünftigen Krieg die größere Rolle spielen würde.

Aus dem spanischen und russisch-finnischen Kriege wissen wir, daß Brandbomben beider Typen im modernen Kriege zur Anwendung kommen. Der gegenwärtige Krieg gibt täglich genügend Beispiele von der Wirkung der modernen Brandbomben.

Die Konstruktion solcher Brandbomben, insbesondere der Thermitbrandbomben hat sich mit fortschreitender Entwicklung wesentlich geändert. Die ersten Brandbomben bestanden aus einem Eisenblechgefäß, in dem brennbare Sachen verschiedenster Zusammensetzung untergebracht waren. So war in einem Gefäß aus Eisenblech Thermit und ein Zünder untergebracht. Die Thermitfüllung war in einem weiten Gefäß befestigt, welches mit einer brennbaren Flüssigkeit, wie z. B. Benzol gefüllt war. Das Ganze befand sich in einer Blechhülle, welche ursprünglich in Tropfenform ausgebildet war. Im Zuge der Weiterentwicklung wich man von dieser Bombenform ab und ging zur Zylinder-

form über. Diese ist bis heute erhalten geblieben. Man hat jedoch das Eisen durch das brennbare Elektron ersetzt und damit einen wesentlichen Fortschritt erzielt. Die ganze Totlast, welche bei Verwendung des spezifisch schweren Eisens sehr bedeutend ist, wird durch einen brennbaren und damit sehr wirksamen Stoff ersetzt, welcher bei der Verbrennung sehr hohe Temperaturen erzeugt und dadurch in der Nähe befindliches leicht brennbares Material sicher entzündet.

Die wesentlichsten Bestandteile der modernen Brandbomben sind daher Phosphor, Elektron und Thermit[1]). Um die Wirkungsweise der aus ihnen bestehenden Brandbomben besser zu verstehen, seien im folgenden einige wichtige Tatsachen über diese Massen gebracht.

Phosphor

Für Phosphorbrandbomben kommt nur der weiße giftige und leicht brennbare Phosphor in Frage. Besonders leicht entzündlich ist der Phosphor in einer Lösung[2]) von Schwefelkohlenstoff. Solche Lösungen sind daher auch häufig in Brandbomben verwendet worden. Beim Zerspringen der Bombe wird die Schwefelkohlenstoff-Lösung verspritzt, der Schwefelkohlenstoff verdunstet und der in feinster Verteilung zurückbleibende Phosphor entzündet sich sofort.

Nach ausländischen Berichten haben die Russen im russisch-finnischen Krieg Phosphorbrandbomben sehr großen Ausmaßes verwendet. Die Bomben enthielten Phosphor und Naphtha und haben das für Brandbomben ungewöhnlich hohe Gewicht bis zu 50 kg. Nach der angeführten ausländischen Quelle haben gerade diese großen Brandbomben erhebliche Wirkung gehabt[3]).

Thermit

Thermit ist seit dem Jahre 1894 durch die Untersuchungen von H. Goldschmidt bekannt. Es ist ein Gemisch von Aluminiumpulver mit Eisenoxyd. Die Mischung ist an und für sich ungefährlich, läßt sich sogar etwas erhitzen, ohne daß eine Reaktion zu beobachten ist. Entzündet man jedoch die Mischung an einer Stelle mit einer sehr heißen Flamme, dann tritt eine überaus heftige Umsetzung ein. Das Aluminium entreißt dem Eisenoxyd den Sauerstoff, die Temperatur steigt auf 1000—3000°, das gebildete Eisen wird flüssig und scheidet sich am Boden ab, während das spezifisch leichte Aluminiumoxyd obenauf schwimmt. Die Reaktion erfolgt nach der Gleichung

$$2\,Al + Fe_2O_3 \rightarrow 2\,Fe + Al_2O_3$$

[1]) Siehe hierzu A. Woronin, Typen der Brandbomben und ihre Löschung Chem. u. Verteid. (russ.) Nr. 11 (1938); CBl. **1939** I. 3485.

[2]) Siehe z. B. Belg. Pat. 433500 v. 27. 3. 1939: Lösung von Phosphor in einer brennbaren Flüssigkeit.

[3]) Löfgren, Gasschutz u. Luftschutz **10**, 197 (1940).

Danach reagieren 54 Gewichtsteile (G.T.) Aluminium mit 160 G.T. Eisenoxyd und bilden 112 Teile Eisen und 102 Teile Aluminiumoxyd. Auf 100 Teile Eisenoxyd kommen demnach 34 Teile Aluminium, das Verhältnis ist etwa 3:1. Bei Brandbomben[1]) arbeitet man zweckmäßig mit einem Überschuß von Al, wendet also etwa das Verhältnis 1:3 bis 1:2 an. Zur Erzielung einer hohen Anfangstemperatur, die zur Entzündung der Thermitmischung führt, muß man einen Zwischenbrandsatz verwenden. Hierzu eignen sich sauerstoffreiche Stoffe wie Kaliumchlorat, Bariumsuperoxyd[2]).

Elektron

Elektron ist eine Leichtmetall-Legierung, welche im wesentlichen aus Magnesium und Aluminium besteht. Neben diesen beiden Hauptbestandteilen können noch andere Metalle in kleineren Mengen wie z. B. Zink zugegen sein.

Elektronbrandbomben können nur solche Länder herstellen, welche über eine hochentwickelte Leichtmetallindustrie verfügen. Elektron ist ein außerordentlich wichtiger Baustoff für die Flugzeugindustrie. Während Aluminium ein spez. Gew. von 2,66 hat, zeigt das reine Magnesiummetall nur ein spez. Gew. von 1,75. Während die reinen Metalle Aluminium und Magnesium selbst nicht als Baustoffe geeignet sind, weil sie nicht die verlangten Festigkeiten und Härten u. ä. aufweisen, gelangt man durch Legieren der beiden Metalle zu Werkstoffen, welche die für die geforderten Baustoffe nötigen Eigenschaften besitzen. Man kennt Aluminium-Magnesium-Legierungen, welche Aluminium im Überschuß enthalten (ca. 90%), und solche, welche Magnesium im Überschuß enthalten. Zu den letzteren gehört das Elektronmetall. Für Brandbomben dürfte außer den Festigkeitsveränderungen, die die Metalle beim Legieren aufweisen, noch die Veränderung des Schmelzpunktes in Frage kommen. Während die reinen Metalle Aluminium und Magnesium bei etwa 600° schmelzen und die Legierungen der oben gegebenen Zusammensetzung sich ähnlich verhalten, kann bei Aluminium-Magnesium-Legierungen mittlerer Zusammensetzung der Schmelzpunkt bis auf etwa 450° herabgedrückt werden.

Die Wirkung der Brandbomben

Während Spreng- und Splitterbomben örtlich begrenzte Wirkung haben, besteht bei Brandbomben durch Ausbreitung des Feuers, welche

[1]) Thermit, seine Eigenschaften und Bedeutung, insbesondere über seine Bedeutung als Brandmittel. A. P. Gorlow, Chem. u. Verteid. (russ.) Nr. 3 (1940); CBl. **1940** II. 157.

[2]) Siehe z. B. C. Rooms, R. Rooms, Belg. Pat. 433184: Brandsatz aus Al, Fe_2O_3 und BaO_2 v. 10. 3. 1939.

eintritt, wenn der Brand nicht rechtzeitig gelöscht werden kann, leicht die Möglichkeit einer unbeschränkt flächenmäßigen Vergrößerung des Gefahrengebietes.

Es war bereits oben (s. S. 34) erwähnt worden, daß die Russen vor allem mit großen Brandbomben, welche Phosphor und Naphtha enthielten, und etwa 50 kg schwer waren, im russisch-finnischen Kriege gute Erfolge erzielt haben.

Bei Elektron-Thermitbrandbomben werden in der Hauptsache kleinere Bomben von etwa 1 kg Gewicht, daneben solche von 2,5—10 kg Gewicht verwandt. Bei der hohen Nutzlast der Bombenflugzeuge können außerordentlich viele solcher Bomben mitgenommen werden. Sie können einzeln abgeworfen werden, häufig werden aber auch größere Mengen auf einmal zum Abwurf gebracht. So war einem ausländischen Bericht zufolge die Zahl der zu gleicher Zeit abgeworfenen Brandbomben bei den Russen im russisch-finnischen Krieg 200 (Molotows Brotkorb) und bei einem englischen Abwurf ein Kasten mit 72 Stück.

Von englischer Seite werden seit einiger Zeit Brandbomben in Stabform angewendet. Sie sind 1,75 kg schwer, haben eine Länge von 54,4 cm, sind sechseckig mit einem Kantendurchmesser von 4,8 cm. Unten befindet sich ein schwerer Eisenfuß von 4,7 cm Höhe, darüber steht die Elektronhülle von 29,2 cm Länge, in der die Thermitfüllung enthalten ist. Die Zündvorrichtung ist ein Schlagbolzen mit Zündhütchen, die sich in einer Weißblechhülle von 20,5 cm Länge über der Elektronhülle befindet. Unter der Thermitfüllung ist gelegentlich noch eine kleine Sprengladung angebracht, die nach dem Abbrennen des Thermits sprüht und schwach explodiert.

Versagen der Zündung ist oftmals bei den vom Feind abgeworfenen Bomben beobachtet worden. Aber die große Zahl der abgeworfenen Brandbomben läßt diesen Nachteil unter Umständen nicht in Erscheinung treten. Aus den ausländischen Berichten über die Bombenabwürfe im russisch-finnischen Kriege[1]) geht hervor, daß von Brandbomben durchaus nicht immer zunächst die Dachstühle oder die oberen Stockwerke der Häuser getroffen worden sind, sondern daß auch Einschläge in den Erdgeschossen wirkungsvoll waren.

Die Bekämpfung der Brandgefahr

Das Löschen mit Sand, z. B. Einwerfen der brennenden Bombe in einen mit Sand teilweise gefüllten Eimer führt ebenfalls zum Erfolg. Sekundär durch die Brandbombe bewirkte Brände von Holz usw. lassen sich im Entstehungszustande mit den üblichen Mitteln bekämpfen.

[1]) l. c.

[2]) Löschen von Thermit u. Elektron mit Lösungen von techn. Ammonphosphat, siehe Chem. u. Verteid. (russ.) Nr. 2 (1940); CBl. **1940** I, 3215.

Man wird daher an den gefährdeten Stellen leicht brennbare Materialien vermeiden, und in den Fällen, wo die Verwendung notwendig ist, z. B. Dachbalken, wird man solches Material mit Hilfe von Anstrichen und Imprägnieren schwer entflammbar machen.

Brandblättchen

Völlig neuartig ist die englischerseits angewandte Methode, Brände durch Abwurf von sog. „Brandblättchen" zu entfachen. Die Blättchen enthalten auf der einen Seite eine Brandpille, auf der anderen sog. „Brandwatte". Die Blättchen können vom Flugzeug aus in sehr großer Zahl abgeworfen werden. Unter der Einwirkung von Wärme (Sonne) entzündet sich die Brandpille und setzt die Brandwatte in Brand.

Die Blättchen sollen leicht entzündliche Massen, vor allem in der trocknen Jahreszeit und in der Erntezeit Waldbestand, Getreide u. ä. in Brand setzen und vernichten.

Die große Gefahr, die dieses neue Kampfmittel mit sich bringt, besteht in erster Linie darin, daß der zweckmäßig in der Nacht durchgeführte Abwurf völlig geräuschlos erfolgt und daher nicht sofort bemerkt wird. Sorgfältiges Absuchen des Geländes ist zur Herabsetzung der Brandgefahr unbedingt nötig. Für die Landbevölkerung ist diese Aufgabe gerade zur Erntezeit von großer Wichtigkeit. Vermindert wird die Wirkung der Brandblättchen durch Feuchtigkeit.

IV. Chemische Kampfstoffe[1]

Von Professor Dr. **Julius Meyer**

A. Definition und Zweck der Kampfstoffe

Die chemischen Kampfstoffe und die künstlichen Nebel waren im Weltkriege 1914—18 von ausschlaggebender Bedeutung für die Entscheidung gewesen und hatten vor allem auf deutscher Seite so günstige Erfolge gezeigt, daß man guten Grund zu der Annahme hatte, auch in den kommenden kriegerischen Auseinandersetzungen würden diese Kampfmittel neben den Explosiv- und Brandmitteln beim Angriff und in der Verteidigung eine bedeutende Rolle spielen. Tatsächlich ist das Anwendungsgebiet aller dieser Mittel seit dem Weltkriege stark vergrößert worden, da sie heute nach Vervollkommnung der Flugwaffe und anderer technischer Mittel nicht allein an der Front gegen den bewaffneten Gegner, sondern auch im Hinterlande gegen die friedliche Bevölkerung in den Städten, in den Industrieorten und Verkehrsmittelpunkten und selbst auf dem dünn bevölkerten Lande zur Anwendung gelangen können. Die ursprüngliche vordere Kampffront hat sich in große und tiefe Kampfräume verwandelt, die sich weit ins Hinterland hinein erstrecken können.

Aber während sich die meisten Menschen von der Wirkung der Spreng- und Brandmittel auf Grund der Erfahrungen des täglichen Lebens ein ungefähr zutreffendes Bild machen können, sind über die Eigenschaften und Wirkungen der chemischen Kampfstoffe und der künstlichen Nebel, über ihre Anwendung, Bekämpfung und Vernichtung vielfach unrichtige und meistens sogar übertriebene Anschauungen verbreitet, die den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen und die im Ernstfalle geeignet sind, unnötigen Schaden herbeizuführen, schwere

[1]) **Fries und West**, Chemical Warfare, New York 1921; **Julius Meyer**, Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, 3. Aufl., Leipzig 1938; Ders., Enzyklopädie der techn. Chemie, Berlin 1930; **P. Bloch**, La guerre chimique, Paris 1927; **F. Flury** und **F. Zernik**, Schädliche Gase, Berlin 1931; **U. Müller**, Die chemische Waffe, 10. Aufl., Berlin 1939; **H. Stoltzenberg**, Die Ultragifte, Hamburg 1928; **H. Büscher**, Giftgas! und wir?, 2. Aufl., 1937.

Unruhen und sogar Paniken hervorzurufen. Diese übertriebene Einschätzung der Wirkung der chemischen Kampfstoffe beruht nicht allein auf der Fremdheit, mit der die Bevölkerung ihnen meistens gegenübersteht, sondern auch wohl zum erheblichen Teil auf ihrer so ungewöhnlichen, fast von Fall zu Fall verschiedenen Beeinflussung des menschlichen Organismus und auf den eigenartigen Begleiterscheinungen bei der Anwendung dieser Kampfmittel. Noch unheimlicher werden die chemischen Kampfstoffe dadurch, daß sie in neuen Angriffsformen aus der Luft auf uns herabkommen und von Flugzeugen und Luftschiffen aus gegen die Bevölkerung verwendet werden können.

Ein richtiges Bild von der Wirkung chemischer Kampfstoffe aus der Luft auf die Bevölkerung des Hinterlandes läßt sich bisher nur sehr unvollkommen machen, weil praktische Erfahrungen auf diesem Gebiete noch vollständig fehlen und weil die Luftwaffe sich dieser Angriffsmittel im Weltkriege an keiner Stelle bedient hatte. In der Nachkriegszeit hat man allerdings Fliegerbomben, die mit chemischen Kampfstoffen gefüllt waren, auf unvorbereitete und mit der neuen Waffe noch nicht vertraute Völker abgeworfen, und man hat auch die harmlose, friedliche Bevölkerung dergestalt bekriegter Stämme mit diesem Fortschritt der Kriegstechnik bekannt gemacht. Aber bei dem sehr kleinen Umfang derartiger Unternehmungen sind die tatsächlichen Erfolge nur gering gewesen[1]).

Auch in dem heutigen Verteidigungskriege Deutschlands gegen England und seine Verbündeten haben die chemischen Kampfstoffe bisher keine Rolle gespielt. Wohl hat das polnische Heer einmal Erdminen gelegt, die mit Dichlordiäthylsulfid gefüllt waren, die aber nur geringen Schaden angerichtet haben. Die mit demselben Kampfstoff gefüllten Artilleriegranaten englischer Herkunft sind aber von polnischer Seite infolge des raschen Zusammenbruches dieses Landes gar nicht zur Verwendung gekommen und unbenutzt in deutsche Hand gefallen. Die Luftwaffe hat sich der chemischen Kampfstoffe im gegenwärtigen Kriege bisher nicht bedient, weniger aus humanen Gründen oder wegen früherer Abmachungen, sondern in der Erkenntnis, daß große, durchschlagende Erfolge damit jetzt nicht zu erwarten sind, nachdem der Gasschutz in den beteiligten Ländern genügend ausgebildet und durchgeführt ist.

Immerhin ist die Sorge vor Luftangriffen mit chemischen Kampfstoffen in allen Ländern weit verbreitet, und es ist daher eine wichtige Aufgabe des Luftschutzes, die Bevölkerung nach dieser Richtung weitgehend aufzuklären, ihr die Mittel und Möglichkeiten zum Schutze in Ernstfällen zeitig genug an die Hand zu geben und vor allem auch die übertriebene Einschätzung der Wirkung von Fliegerangriffen mit den gefürchteten Kampfstoffen auf das richtige Maß zurückzuführen. Das beste und zuverlässigste Mittel hierzu ist aber die genaue Kenntnis der

[1]) Völk. Beob. v. 17. u. 18. 3. 1936.

Eigenschaften der chemischen Kampfstoffe, ihrer Anwendung und Wirkung, ihrer Bekämpfung und Vernichtung. Daraus ergibt sich dann aber mit Sicherheit, daß Luftschiffe und Flugzeuge nur sehr bedingt sich für eine erfolgreiche Verwendung der chemischen Kampfstoffe eignen, und daß ihre Wirkung erheblich hinter derjenigen der Explosiv- und Brandstoffe zurücksteht.

Der Zweck der chemischen Kampfmittel besteht im Kriege darin, den bewaffneten Gegner an der Front kampfunfähig und die friedliche Bevölkerung im Hinterlande arbeitsunfähig und wehrlos zu machen, indem ihre körperliche, seelische und moralische Widerstandskraft herabgemindert und gebrochen wird. Dieser Zweck wird dadurch erreicht, daß äußerst geringe Mengen irgendwelcher chemischer Verbindungen — eben der Kampfstoffe — Augen, Nase, Lungen, Haut und andere empfindliche Teile des menschlichen Organismus vorübergehend schädigen und gebrauchsunfähig machen. Wenn Schutzmaßnahmen zu spät oder gar nicht angewendet werden, können die chemischen Kampfstoffe wohl auch zum Tode führen. Bei der Bekämpfung von tierischen und pflanzlichen Schädlingen durch chemische Mittel steht die Abtötung sogar im Vordergrunde. Neben der tatsächlichen, jedoch meist vorübergehenden Schädigung einzelner Betroffener wird in Zukunft der Angreifer möglicherweise auch versuchen, die Unkenntnis der Bevölkerung und ihre sich daraus ergebende, weit übertriebene Sorge vor Angriffen mit chemischen Kampfstoffen dazu auszuwerten, vor allem in großen Städten und in Industriegebieten Furcht, Unruhe und Massenpaniken hervorzurufen und dadurch die seelische Widerstandskraft und den Wehrwillen der Bevölkerung zu brechen. Im engsten Zusammenhange damit kann bei Verwendung chemischer Kampfstoffe durch die Luftwaffe der Transportverkehr auf Straßen und Bahnen gestört und lahmgelegt, die Zufuhr von Nahrungsmitteln und Wasser erschwert, die Nachrichtenübermittlung verlangsamt und die Erzeugung wichtiger technischer Güter erschwert werden.

Die Anwendung chemischer Stoffe als Kampfmittel ist nicht neu und schon seit den ältesten Zeiten, wenn auch in sehr primitiver Form immer wieder versucht worden. Aber erst als die chemische Großindustrie sich so weit entwickelt hatte, daß sie die gewünschten Stoffe in ausreichender Menge und mit den notwendigen Eigenschaften versehen liefern konnte, war Aussicht vorhanden, sie als Kampfmittel mit Erfolg zu verwenden. Als erstes ist das französische Heer seit 1912 mit Gasgewehrgranaten, die eine Füllung des giftigen und die Augen schwer reizenden Bromessigesters enthielten, ausgerüstet worden. Nachdem diese Gewehrgranaten schon im Jahre 1913 zur Unschädlichmachung einer Verbrecherbande gedient hatten, wurden sie von den französischen Truppen im Weltkriege bei den Kämpfen im Argonnerwalde bis zum November 1914 verwendet, ohne jedoch merkliche Erfolge zu erzielen.

Ein deutscher Gegenversuch im Oktober 1914, die erstarrende Front mittels Dianisidin, eines wenig wirksamen und in Granaten verschossenen Nasenreizstoffes, zu durchbrechen, erwies sich als erfolglos. Als wenig wirksam erwiesen sich auch das französische Chlorazeton, das deutsche Xylylbromid und Bromazeton. Mit dem Chlor, das zum ersten Male am 22. 4. 1915 bei Ypern abgeblasen wurde, errangen die deutschen Truppen einen großen Erfolg. Bei diesem Angriff mit chemischen Kampfstoffen waren auch zum ersten Male die Grundsätze berücksichtigt worden, die inzwischen als Bedingung für einen Erfolg erkannt worden waren. Anfang 1916 verwendeten die Franzosen das sehr giftige Phosgen zur Füllung von Granaten, worauf von deutscher Seite sofort mit dem etwas weniger giftigen, aber stärker reizenden Perstoff, der außerdem den großen Vorteil der leichteren Handhabung mit sich brachte, geantwortet wurde. Von russischer und dann auch sogleich von deutscher Seite wurde 1916 das Chlorpikrin eingeführt, das dann während des ganzen Weltkrieges ein recht brauchbarer Kampfstoff geblieben ist. Im Juli 1917 wurden von der deutschen Artillerie das außerordentlich stark reizende Diphenylarsinchlorid zum Durchbrechen der gegnerischen Schutzmasken und der in seiner Wirkung bis heute unübertroffene chemische Kampfstoff, das Dichlordiäthylsulfid oder Gelbkreuz, eingeführt. Wohl sind von den Kriegführenden vorübergehend und in einzelnen Fällen auch erfolgreich noch andere Kampfstoffe angewendet worden wie z. B. Blausäure, Jodessigester, Chlor- und Bromzyan, Dimethylsulfat, Dichlormethyläther, Phenylkarbylaminchlorid usw., aber sie reichten in ihrem Kampfwert an Phosgen, Perstoff, Chlorpikrin, Dichlordiäthylsulfid, Diphenylarsinchlorid und -zyanid nicht heran.

Die Chemie der Kampfstoffe ist bereits während des Weltkrieges sowohl in Deutschland als auch im Auslande, vor allem in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, sehr sorgfältig und vollständig durchforscht worden. Die Nachkriegszeit konnte auf diesem Gebiete bisher keine wesentlichen Fortschritte mehr bringen[1]). Die großen Erwartungen, die von amerikanischer Seite z. B. auf das Chlorvinylarsindichlorid (Lewisit), das übrigens schon vorher in Deutschland geprüft worden war, gesetzt wurden, haben sich in keiner Weise erfüllt; dieser Kampfstoff reicht in seinen Wirkungen und seiner Beständigkeit an das Dichlordiäthylsulfid (Gelbkreuz) nicht heran. Qualitativ verbessert sind die Augenreizmittel, unter denen jetzt das Chlorazetophenon und das Brombenzylzyanid an erster Stelle stehen. Sie haben jedoch als Kampfstoff den Nachteil, daß sie sich sehr leicht abwehren lassen und daß ihre Reizwirkung rasch vorübergeht. Die neueren Ergebnisse der

[1]) U. Müller, Militär-Wochenschrift **116**, 754 (1931); W. Mielenz, Gasschutz und Luftschutz **2**, 10 (1932); J. Th. Hackmann, Chem. Weekblad **31**, 366 (1934).

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der organischen Arsenverbindungen, in das vor allem der erfolgreiche deutsche Maskenbrecher Diphenylarsinchlorid und das Diphenylarsinzyanid gehören, sind noch nicht in der Praxis erprobt worden; sie dürften aber wohl höchstens kleine qualitative Verbesserungen schon bekannter und erprobter Kampfstoffe bringen. Die von Zeit zu Zeit auftauchenden Nachrichten von der Entdeckung grundsätzlich neuer Kampfstoffe im Auslande haben sich bei näherer Prüfung stets als stark übertrieben oder als falsch erwiesen. Einige Fortschritte sind vielleicht in der Art ihrer Verwendung zu erblicken, und hier steht die Benutzung der chemischen Kampfstoffe durch die Luftwaffe an erster Stelle.

Im engen Zusammenhange mit der Verwendung chemischer Kampfstoffe steht die Benutzung künstlicher Rauche und Nebel zu Angriffs- und zu Verteidigungszwecken. Schon vor dem großen Kriege 1914/18 haben die Seestreitkräfte sich der Sicht durch Entwicklung dichter, künstlicher Nebelwolken zu entziehen versucht. Aber zu Lande hat man sich der Nebelwaffe erst seit dem Jahre 1915 auf Grund der irrtümlichen Annahme zugewendet, daß die weiße Farbe der abgeblasenen deutschen Chlorwolken auf eine absichtliche Beimischung von künstlich erzeugtem Nebel zurückzuführen sei. Man hat derartige Nebel dann sowohl zu Angriffszwecken als auch zur Verschleierung zu verwenden gesucht; aber die planmäßige Erzeugung von weißem und buntem Rauch, von harmlosem oder mit reizenden oder auch giftigen Kampfstoffen versetztem Nebel ist erst in der Nachkriegszeit ausgebildet worden[1]). Diese künstlichen Nebel werden in der Zukunft sicherlich noch eine gewisse Rolle spielen. So wird sich der Luftschutz ihrer zur Verschleierung und Tarnung von wichtigen Stellungen und Gebäuden und Truppenbewegungen bedienen. Er wird feindliche Fliegerangriffe durch geeignete Vernebelung zu erschweren und irrezuführen versuchen. Andererseits aber kann sich auch der angreifende Flieger abgeworfener Nebelbomben, die vielleicht noch mit chemischen Reizstoffen gefüllt sind, bedienen, um in der Bevölkerung erhebliche Unruhe, merkliche Störung der industriellen und vor allem der rüstungstechnischen Betriebe und weitgehende Unsicherheit im Inlande zu erzeugen. Wenn der durch Fliegerangriffe mit chemischen Kampfstoffen angerichtete tatsächliche Schaden wohl nicht allzu hoch eingeschätzt zu werden braucht, so steht die effektive Wirkung der feindlichen Angriffe mit künstlichem Nebel noch erheblich hinter diesen zurück.

Daß jedoch die chemischen Kampfstoffe unter bestimmten Voraussetzungen und Bedingungen außerordentlich wirksam sein und die Kriegführung entscheidend beeinflussen können, hat der Weltkrieg eindeutig bewiesen. Mit ihrer Hilfe ist es dem deutschen Heere möglich

[1]) W. S. Gibbs, Clouds and Smokes, London 1924.

gewesen, die feindliche Artillerie vor Beginn der eigenen Angriffe auszuschalten, das Vorrücken der gegnerischen Unterstützungen zu verhindern, geplante feindliche Großangriffe lahmzulegen. Neben dieser gewaltigen Wirksamkeit bei Angriff und Verteidigung zeigte sich aber in steigendem Maße, daß die chemische Waffe der alten Feuerwaffe überraschenderweise auch darin überlegen war, daß sie viel weniger tödlich wirkte als diese. Wohl waren bei dem ersten großen Blasangriff mit Chlorgas am 22. 4. 1915 bei Ypern angeblich gegen 35% der Chlorkranken nach kurzer Zeit gestorben, eine Zahl, die sich später als übertrieben groß herausstellte. Diese ungewöhnlich hohe Sterblichkeitsziffer sank aber mit der steigenden Wirksamkeit der Schutzmittel und mit der sich rasch bessernden Gasdisziplin der Truppe schnell auf 2,5% herab, während die Anzahl der Todesfälle bei den durch die Feuerwaffe Verwundeten bei ungefähr 24% stehenblieb. Diese Zahlen sind in fast allen Heeren übereinstimmend festgestellt worden. Ein durch chemische Kampfstoffe außer Gefecht gesetzter Mann hatte also ungefähr zehnmal mehr Aussicht, mit dem Leben davonzukommen, als ein durch Geschoß und Granatsplitter verwundeter[1]). Nur das russische Heer meldet die ungewöhnlich hohe Sterblichkeitsziffer von 11,7% unter seinen Kampfstofferkrankten; aber diese ungünstige Zahl ist nicht allein auf den mangelhaften russischen Schutz vor Kampfstoffen, sondern vor allem auf die recht dürftige Gasdisziplin zurückzuführen.

Wenn der Weltkrieg dadurch einerseits die gewaltige Wirksamkeit der chemischen Kampfstoffe gelehrt hat, so zeigen diese Zahlen andererseits auch den ungeheuren Wert guter Schutzvorrichtungen gegen derartige Stoffe, zugleich aber auch die unbedingte Notwendigkeit, nicht nur im Heer, sondern auch in der am Kriege scheinbar weniger beteiligten Bevölkerung der Städte und Industrieorte rechtzeitig für Aufklärung, Belehrung und Gasschutz zu sorgen.

Wenn der Angreifer im Felde bei der Verwendung von chemischen Kampfstoffen schon erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden hatte, um zu einem Erfolge zu gelangen, so werden die Verhältnisse für den Angegriffenen noch günstiger, wenn der Gegner die chemischen Kampfstoffe durch die Luftwaffe zu benutzen sucht und sie gegen die Bevölkerung in Großstädten und Industrieorten verwendet, deren Baulichkeiten schon an und für sich einen guten Schutz dagegen gewähren. Das beste Mittel aber zur weiteren Einschränkung der an und für sich nur geringen tatsächlichen Wirkung dieser Kampfmittel und vor allem zur Zurückführung der übertriebenen und gefährlichen Furcht vor Luftangriffen mit chemischen Stoffen ist die genaue Kenntnis der Eigenschaften und Wirkungen dieser Stoffe, der verschiedenen Art ihrer An-

[1]) E. Vedder, The Medical Aspects of Chemical Warfare, Baltimore 1925.

wendung, ihrer Bekämpfung, Unschädlichmachung und Vernichtung. Daraus werden sich dann von selbst die erforderlichen, zweckmäßigsten Schutzmaßnahmen und eine weitgehende Beruhigung der angegriffenen Bevölkerung ergeben.

B. Allgemeine Eigenschaften

Von den vielen chemischen Verbindungen, die auf den menschlichen Körper unangenehm, reizend oder schädigend einwirken, sind nur sehr wenige als Kampfstoffe brauchbar. Es müssen viele Eigenschaften im richtigen Ausmaße bei einem derartigen Stoffe zusammentreffen, damit er den scharfen Forderungen des Krieges genügt. Man hat mehr als 3000 Stoffe, die in der Technik und im Laboratorium wegen ihres unerträglichen Geruches, wegen ihrer ätzenden und reizenden Wirkung oder auch wegen ihrer Giftigkeit bekannt und gefürchtet waren, auf ihre Brauchbarkeit als Kampfmittel geprüft und hat nur bei ungefähr 30 Verbindungen die übrigen für einen chemischen Kampfstoff notwendigen Eigenschaften vorgefunden. Praktisch verwendet wurden aber schließlich nur ca. 12 Stoffe; denn die übrigen zeigten irgendeine für den Krieg unbrauchbare Eigenschaft. Meistens unterlagen sie in dem unablässigen Streite zwischen Angriff und Schutz vor chemischen Kampfstoffen dem letzteren, weil man sich infolge irgendeiner mangelhaften Eigenschaft ihrer Einwirkung leicht und rasch entziehen konnte. Die chemischen Kampfstoffe müssen demnach eine Reihe von Bedingungen erfüllen, wenn sie mit Erfolg verwendet werden sollen; sie müssen bestimmte Eigenschaften besitzen, ohne die sie unbrauchbar sind, und die wir im folgenden besprechen wollen.

Von geringer Bedeutung ist der Aggregatzustand der Stoffe. Es werden heute kaum noch Gase oder verflüssigte Gase angewendet; die meisten Kampfstoffe sind sogar bei Zimmertemperatur fest oder flüssig. Der Aggregatzustand spielt aber eine gewisse Rolle für die Art der praktischen Verwendung. Einige Stoffe sucht man als Flüssigkeiten auf die Haut einwirken zu lassen; andere wiederum werden freiwillig oder durch Zwang in einen Zustand übergeführt, der gasförmig oder gasähnlich ist, damit die Luft diese Stoffe dem Organismus zutreibt und sie ihn so einhüllen. Der vielgebrauchte Ausdruck Gase für die chemischen Kampfstoffe ist heute ebensowenig zutreffend wie die Ausdrücke Gasangriff, Gaskampf, Gasmaske usw. Zu den gasförmigen Kampfstoffen gehört das Chlor und das Phosgen; zu den flüssigen, die versprüht oder vernebelt werden und teilweise an der Luft verdampfen, rechnet man das Chlorpikrin, den Perstoff, das Dichlordiäthylsulfid oder Gelbkreuz; zu den festen Kampfstoffen, die verstäubt werden, zählen die Blaukreuzkampfstoffe Diphenylarsinchlorid und -zyanid.

Die Flüchtigkeit der chemischen Kampfstoffe, die sehr nahe mit ihrem Dampfdruck zusammengeht, ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Art ihrer taktischen Verwendung. Leichtflüchtige Stoffe von hohem Dampfdruck, wie z. B. das Chlor und das Phosgen, verdampfen sofort an der Luft und bilden so eine Kampfstoffwolke, die für den darin befindlichen Organismus eine Quelle von Gefahren darstellt. Aber da diese Stoffe sehr rasch verdampfen und der Wind die so entstandenen Kampfstoffschwaden auch rasch vertreibt, so ist das begiftete Gelände nach kurzer Zeit wieder betretbar. Kampfstoffe dagegen von fast fehlendem Dampfdruck und von daher verschwindender Flüchtigkeit bleiben lange als Flüssigkeit oder auch als fester Stoff im Gelände liegen. Sie gefährden daher die Gegend für längere Zeit und wirken durch unmittelbare Berührung auf die Haut gelegentlich schwer schädigend. Das Dichlordiäthylsulfid z. B., das eine sehr geringe Flüchtigkeit besitzt und an der Luft nur unmerklich verdampft, kann in Form von Pfützen und Spritzern seine blasenziehende Wirkung draußen tagelang und bei besonders günstigem Wetter sogar wochenlang ausüben. Zwischen diesen beiden Extremen der leichtflüchtigen und der nichtflüchtigen Kampfstoffe liegt eine größere Anzahl von mäßig flüchtigen Verbindungen, die an der Luft nach einigen Stunden verdampft sind und das Gelände für diese Zeit nur mit Schutzvorrichtungen betretbar machen. Denn ihre Flüchtigkeit reicht aus, um die Luft während dieser Zeit so mit Kampfstoff anzureichern, daß sie ohne besonderen Schutz nicht eingeatmet werden kann. Zu diesen mäßig flüchtigen Stoffen gehören das Chlorpikrin und der Perstoff.

Da die Flüchtigkeit und der Dampfdruck aller Stoffe mit wachsender Temperatur zunimmt, so ist auch die Wirkung der Kampfstoffe von der Temperatur abhängig und im strengen Winter merklich geringer als im Sommer. Die kalten Jahreszeiten eignen sich daher weniger für Angriffe mit chemischen Kampfstoffen. Das Xylylbromid z. B., das zwischen 20 und 30° noch genügend flüchtig ist, um den Aufenthalt in einer damit angereicherten Luft ohne Schutzbrille unmöglich zu machen, ist bei Winterkälte so wenig flüchtig, daß seine Anwendung von deutscher Seite in Rußland in dieser Jahreszeit ohne jeden Erfolg blieb. Durch Zusätze von gewissen anderen Stoffen konnte aber seine Flüchtigkeit selbst unter diesen ungünstigen Verhältnissen so weit gesteigert werden, daß es dann auch bei Kälte ein brauchbarer Kampfstoff wurde.

Die Flüchtigkeit und der Dampfdruck der Stoffe bei Zimmertemperatur sind um so größer, je niedriger ihre Siede- und Schmelzpunkte bei Atmosphärendruck liegen. Es werden sich also zu Kampfstoffen, die durch sehr rasche, freiwillige Verdampfung die Luft in eine Kampfstoffwolke verwandeln und in dieser Form sofort auf die Schleimhäute der Augen, Nase, Lunge usw. einwirken sollen, vor allem verflüssigte Gase wie z. B. das Chlor oder Verbindungen mit sehr tief-

liegenden Siede- und Schmelzpunkten eignen, wie z. B. das Phosgen. Diese hochflüchtigen Stoffe waren vor allem für das Abblaseverfahren geeignet und erlaubten ein baldiges Betreten des beblasenen Geländes. Etwas höher liegen die Siedepunkte von Stoffen, die sich wegen ihrer noch recht beträchtlichen Flüchtigkeit für die Füllung von Gasgranaten, von Gaswerferflaschen usw. eignen, die in wenigen Minuten verdampfen und die ebenfalls sehr bald das Durchschreiten des nur kurze Zeit begifteten Geländes gestatten. Zu dieser Gruppe gehören neben Phosgen das Bromzyan und das Chlorpikrin. Kampfstoffe mittlerer Flüchtigkeit, deren Siedepunkte zwischen 100 und 200° liegen, werden vor allem als Artilleriemunition verwendet und gasen im beschossenen Gelände einige Zeit nach, so daß das Betreten erst nach ein bis zwei Stunden möglich wird. Hierher gehören Bromazeton, Perstoff, Brom- und Jodessigester. Kampfstoffe von geringer Flüchtigkeit besitzen Siedepunkte zwischen 200 und 250°. Sie können das Gelände längere Zeit begiften. Infolge ihrer geringen Flüchtigkeit werden sie als Artilleriemunition mit größerer Sprengladung verschossen, damit sie nebelartig versprüht einen wirksamen Schwaden bilden. Sie gasen nur bei warmem Wetter etwas nach. Hierher zählt man Chlorvinylarsindichlorid, Xylylbromid, Dichlordiäthylsulfid, Brombenzylzyanid und Chlorazetophenon. Die beiden schwer flüchtigen Kampfstoffe Dichlordiäthylsulfid und Chlorvinylarsindichlorid sind überdies in der Lage, durch unmittelbare Berührung auf der Haut schwere Entzündungen hervorzurufen. Eine besondere Stellung nehmen schließlich Kampfstoffe mit Siedepunkten über 300° ein wie das Diphenylarsinchlorid und -zyanid und das Diphenylaminarsinchlorid. Diese Stoffe werden durch Hitze vernebelt, bilden einen sehr wirksamen Schwaden, gasen aber infolge der fehlenden Flüchtigkeit nicht nach, so daß keine Dauerwirkung im Gelände vorliegt. Nach dem Abziehen des Schwadens kann das Gelände sofort betreten werden, weil die festen umherliegenden Kampfstoffe die Luft wegen ihrer fast völlig fehlenden Flüchtigkeit nicht zu begiften vermögen.

Auch im Luftkriege spielt die Flüchtigkeit der Kampfstoffe eine erhebliche Rolle, weil allzu große Flüchtigkeit diese in gewissen Fällen ausscheidet. So hat man wohl daran gedacht, das sehr flüchtige Phosgen, das schon bei +8° siedet, aus Luftschiffen oder aus Flugzeugen auf Städte wie aus einer Gießkanne offen herabregnen zu lassen. Wenn aber Phosgen bei mittlerer Temperatur an die Luft kommt, beginnt es sofort zu sieden und verdampft vollständig, bevor der Phosgentropfen auch nur wenige hundert Meter durch die Luft hindurchgefallen ist. Und selbst Stoffe, wie das mäßig flüchtige Chlorpikrin oder der Perstoff, sind für diese Technik des Abregnens aus größeren Höhen nicht brauchbar. Das schwer flüchtige Dichlordiäthylsulfid, das als Pfütze an der Luft tagelang liegenbleibt, ohne merklich zu verdampfen, dürfte für dieses Verfahren ebenfalls kaum geeignet sein, wenn sich der Flieger in größeren

Höhen bewegen muß. Bei 20° ist die Flüchtigkeit des Dichlordiäthylsulfids außerordentlich klein und es vermögen im Kubikmeter Luft nur 0,625 g dieses Stoffes zu verdampfen, oder 1000 g dieses Kampfstoffes verdampfen in 2000 cbm Luft, selbst wenn keine vollständige Sättigung an Gelbkreuzdampf erreicht wird. Nehmen wir selbst nur eine Sättigung von 20% an, so sind immerhin noch 10000 cbm Luft notwendig, um 1 kg Dichlordiäthylsulfid zu verdampfen. Wenn sich der abregnende Flieger in 2000 m Höhe bewegt, so muß er auf eine Fläche von 5 qm Luft mindestens 1 kg Gelbkreuz abwerfen, um die darüber befindliche Luftsäule beim Hindurchregnen mit Gelbkreuzdampf zu sättigen. Es wird also von dem abgeregneten Kampfstoff infolge der Verdampfung so gut wie nichts auf die Erde kommen, es sei denn, daß das Flugzeug sehr niedrig fliegt und sich in wenigen Metern Höhe über der Erdoberfläche bewegt. Die Flüchtigkeit der Kampfstoffe und selbst der wenig flüchtigen Kampfstoffe macht es also so gut wie unmöglich, aus größeren Höhen dieses Abregenverfahren durchzuführen.

Diese Verluste durch allzufrühzeitige Verdampfung kann man dadurch verhindern, daß man die Kampfstoffe in Gefäße einschließt, die in Form von Kampfstoffgranaten oder -minen verschossen oder aus Flugzeugen in Form von Kampfstoffbomben abgeworfen werden und die ihren Inhalt erst beim Auftreffen auf die Erde entleeren.

Da einige Kampfstoffe, die vor allem auf die Atmungsorgane einwirken, infolge ihrer Schwerflüchtigkeit die Luft nicht in dem Maße mit ihren schädigenden Dämpfen zu beladen vermögen, daß sie den Aufenthalt darin ohne Schutzvorrichtungen unmöglich machen, so muß man eine ausreichende Verdampfung erzwingen. Man erreicht dies, indem man derartige schwerflüchtige Kampfstoffe verstäubt oder vernebelt. Dann sind diese Stoffe in Form kleinster Tröpfchen oder Stäubchen vorhanden, die lange Zeit in der Luft schweben und mit ihr einen Schwaden von erheblicher Gefährlichkeit bilden. Allerdings wird der Schwaden leicht vom Winde fortgetrieben und außerdem haben diese Schwebstoffe große Neigung, sich zu Boden zu setzen. Immerhin hält sich ein solcher Schwaden lange genug, um große Wirkungen ausüben zu können. Beim Einatmen der Schwadenluft werden die Schwebstoffteilchen mit in die Atmungsorgane hineingeführt, schlagen sich auf den Schleimhäuten nieder und üben hier infolge ihrer größeren Masse besonders kräftige Wirkungen aus. Ein Dichlordiäthylsulfidschwaden z. B. greift die Augen derartig an, daß nach kurzer Zeit vorübergehende Blindheit eintritt, während der echte gasförmige Gelbkreuzdampf bei Zimmertemperatur bei weitem nicht so energisch wirkt.

Die Verstäubung und Vernebelung erreicht man leicht dadurch, daß man im Inneren der Kampfstoffmasse einen Explosivstoff zur Entzündung bringt. Dadurch wird eine erhebliche Menge des Kampfstoffes vergast oder in sehr kleine Partikelchen zerschmettert, die dann längere

Zeit in der Luft als Schwebstoffe herumfliegen und so einen gasähnlichen Zustand annehmen, sich aber doch allmählich zu Boden setzen. Durch diese zwangsläufige Verstäubung und Vernebelung kann man in der Luft sehr hohe Konzentrationen erreichen, die weit über die Flüchtigkeit der festen und flüssigen Stoffe hinausgehen. Die Schwadenbildung kann auch noch dadurch erreicht werden, daß man die schwerflüchtigen und daher auch hochsiedenden Kampfstoffe durch genügende Erhitzung verdampft und den Dampf dann plötzlich abkühlt. Dann scheidet sich der Kampfstoffdampf in feinsten festen oder flüssigen Teilchen ab und liegt in Form der gewünschten Schwebstoffe vor. Diese Verdampfung der Kampfstoffe kann dadurch erreicht werden, daß man sie mit Stoffen vermischt, die bei ihrer chemischen Umsetzung viel Wärme entwickeln, wie z. B. mit einem Gemenge von Eisen und Schwefel, oder daß man sie in geeigneter Form mit Explosivstoffen vermischt, die genügend Hitze bei der Explosion entwickeln. Allerdings wird bei diesem Schwel- und Explosionsverfahren ein erheblicher Teil des Kampfstoffes vernichtet.

Beachtenswert ist, daß bei Verwendung von kleinen Mengen Explosivstoff im Inneren der Kampfstoffmenge nur eine geringe Schwadenbildung eintritt, während der größere Teil in Form eines feinen Regens in der Umgebung versprüht wird. So kann der Erdboden in einem gewissen Umkreise mit nichtflüchtigen Kampfstoffen getränkt werden.

Bei Luftangriffen mit chemischen Kampfstoffen werden diese Verfahren sicherlich in erster Linie verwendet werden, indem bombenähnliche Gefäße, die mit Kampfstoff und etwas Explosivstoff beschickt sind, aus dem Flugzeuge abgeworfen werden und beim Aufschlagen auf der Erde zerplatzen, um Kampfstoffwolken und Kampfstoffschwaden zu bilden oder um das Gelände zu begiften.

Von großer Bedeutung ist der gasförmige Zustand der Kampfstoffe einerseits, der nebel- und staubförmige Zustand andererseits für die Art ihrer Abwehr und Unschädlichmachung. Echte Gase lassen sich durch Körper von sehr großer Oberfläche, also z. B. durch poröse Kohle, durch Silikagel, häufig vollständig adsorbieren, so daß die begaste Luft beim Hindurchgehen durch solche Stoffe von den gasförmigen Kampfstoffen befreit werden kann. Flüssigkeitsnebel, Rauch und feinster schwebender Staub gehen aber durch diese Adsorptionsmittel größtenteils hindurch. Es handelt sich hier um Aerosole, die als kolloidale Systeme ein besonderes Verhalten aufweisen und die als Schwebstoffe nicht adsorbiert werden können, sondern durch Schwebstofffilter aus Watte, Flanell, Zellstoff usw. zurückgehalten werden müssen[1]).

Die Farbe der chemischen Kampfstoffe ist weder im gasförmigen, noch im vernebelten, noch im festen und flüssigen Zustande ein besonderes Kennzeichen. Sie sind als Gas oder als Schwebstoff farblos

[1]) A. Winkel und G. Jander, Schwebstoffe in Gasen, Stuttgart 1934.

oder fast farblos, mit Ausnahme des Chlors, das in dickeren gasförmigen Schichten grünlich aussieht, bei Blaseangriffen jedoch durch eine weiße Wolke von Wassernebel verdeckt ist. Bei Luftangriffen dürfte das Chlor wohl niemals verwendet werden, da seine Wirksamkeit viel zu gering ist. Wenn die Kampfstoffe durch Explosion oder Verschwelung vergast, vernebelt oder verstäubt werden, so vermag man sie daher in den entstehenden Wolken und Schwaden an der Farbe nicht zu erkennen. Der Schwaden selbst und die Kampfstoffwolken sind je nach den Umständen schwach dunstig, trübe, häufig überhaupt nicht sichtbar, meistens durch Rauch, Staub und durch gefärbte Explosionsgase wie Stickoxyde usw. verdeckt. Die Bezeichnung vieler Kampfstoffe als Grün-, Blau- und Gelbkreuzkampfstoffe hat mit ihrer Eigenfarbe nichts zu tun und ist rein zufällig. Sie rührt noch aus dem Weltkriege von der Kennzeichnung der damit gefüllten Artilleriegeschosse durch aufgemalte Kreuze in den drei Farben her. Heute faßt man unter die drei Farbkreuznamen Kampfstoffe von bestimmten, einigermaßen einheitlichen Eigenschaften zusammen (vgl. S. 63).

Eine Eigenschaft der chemischen Kampfstoffe, der vielfach noch ein übertriebener Wert beigelegt wird, ist ihr spezifisches Gewicht im gasförmigen Zustande. Fast sämtliche vergasten Kampfstoffe besitzen ein größeres spezifisches Gewicht als die Luft, deren Litergewicht 1,296 g beträgt. Etwas leichter sind nur das Kohlenmonoxyd mit 1,25 und die Blausäure mit 1,20 g Litergewicht. Gase, die leichter als die umgebende Luft sind, haben das Bestreben, nach oben zu steigen, während die spezifisch schweren Kampfgase sich nach unten senken und die tiefsten Stellen des Erdbodens aufsuchen. Indessen macht sich diese Neigung der schweren Kampfgase, nach unten zu fallen, nur dann bemerkbar, wenn ihre Konzentration in der Luft so hoch ist, daß dadurch das Litergewicht der Luft merklich erhöht wird. Das war bei den ersten Angriffen mit abgeblasenem Chlor der Fall, und diese Chlorwolken suchten infolge ihrer Eigenschwere nicht nur die tiefsten Stellen des Geländes, die Unterstände, Gräben, Trichter und Täler auf, sondern sie rollten freiwillig die Abhänge hinunter und blieben selbst bei merklichen Winden eine Zeitlang in den Vertiefungen liegen. Nun sind die modernen Kampfstoffe aber erheblich wirksamer als Chlor, und sie werden daher in viel größerer Verdünnung angewendet. Nehmen wir z. B. eine Kampfstoffwolke mit dem ungewöhnlich hohen Gehalte von 0,1 % Phosgen, dann ist das Litergewicht dieser Wolke ungefähr 1,2964 gegenüber dem der reinen Luft 1,2960. Der Unterschied ist so gering, daß er für eine Eigenbewegung nicht in Frage kommt. Diese geringe Zunahme des spezifischen Gewichtes wird außerdem mehrfach durch Temperaturänderungen aufgewogen und überdeckt. Wird z. B. die Temperatur der Kampfstoffwolke durch die Nähe des erwärmten Erdbodens von 20° auf 21° gesteigert, so sinkt ihr spezifisches Gewicht von 1,2964 auf 1,2964 · 293/294

= 1,2920. Der Einfluß geringer Temperaturänderungen auf das spezifische Gewicht der Luft ist demnach sehr viel größer als der einer geringen Beimischung gasförmiger Kampfstoffe. Die heutigen Kampfstoffwolken haben also kaum noch eine Eigenbewegung, sondern folgen wie die übrige Luft dem leisesten Windhauch. Sie steigen mit den Luftströmungen, auch mit den thermischen Luftströmungen empor und fallen mit diesen auch wieder herab. Eine etwas stärkere Erhöhung des Litergewichtes der Luft findet durch die verstäubten und vernebelten Kampfstoffe statt; jedoch ist auch diese noch sehr gering und veranlaßt auch noch keine Eigenbewegung der Wolken. Gelegentlich hat man wohl versucht, das spezifische Gewicht der Kampfstoffwolken dadurch zu erhöhen, daß man den Kampfstoffen noch andere leicht vergasbare Stoffe von hohem spezifischen Gewichte beimischte. So hat man der spezifisch leichten Blausäure das schwere Arsentrichlorid oder Zinntetrachlorid beigefügt, ohne dadurch jedoch bessere Erfolge zu erzielen. Die Seßhaftigkeit der Kampfstoffwolken im Gelände wurde auch hierdurch kaum gesteigert. Wir dürfen also wohl sagen, daß das spezifische Gewicht der vergasten und vernebelten Kampfstoffe und ihrer Wolken heute ohne besondere Wichtigkeit ist. Bei Luftangriffen ist dies von Bedeutung; denn die Kampfstoffwolken werden durch jeden leisen Wind fortgetrieben; in windgeschützten Höfen können sie sich etwas länger halten. Aus geschlossenen Räumen, in die sie durch die Fenster und Türen usw. eingedrungen sind, können sie mit Leichtigkeit durch Zugwind, durch Ventilatoren, durch Fächeln, durch lebhaft brennendes Ofenfeuer usw. rasch entfernt werden.

Kalte Luft und abgekühlte Kampfstoffwolken haben ein etwas höheres spezifisches Gewicht als wärmere. Daher werden sich derartige Wolken in kühlen Kellerräumen, in kühlen, sonnenarmen Höfen usw. etwas länger halten als in warmen Zimmern. Aber auch hier ist der Unterschied nur gering, und kräftiger Durchzug, lebhafte Feuer usw. beseitigen in kurzer Zeit auch hier die vergaste Luft.

Eine etwas auffallendere Eigenschaft der Kampfstoffe, deren Bedeutung aber auch leicht überschätzt wird, ist ihr **Geruch**, der dem Kundigen mit gewisser Sicherheit die drohende Gefahr ankündigt. Die eigentümlichen Gerüche können sich viel früher bemerkbar machen, als die reizende und ätzende Wirkung eintritt, können aber mit Leichtigkeit durch täuschende Zusätze verdeckt werden. Ferner stumpft die Nase häufig ab, und schließlich ist es schwer, aus einem Gemisch von verschiedenen Gerüchen gerade den gefährlichen Kampfstoff herauszuriechen. Ein allgemeines, eindeutiges und zuverlässiges Erkennungszeichen für chemische Kampfstoffe ist der Geruch nicht. Außerdem darf ein unangenehmer oder widerwärtiger Geruch noch nicht zu der Annahme verleiten, daß Kampfstoffe in der Luft vorhanden sind. Im Gegenteil sind einige der wirksamsten Kampfstoffe nur durch einen

schwachen, kaum auffallenden Geruch ausgezeichnet. Wie die Erfahrung lehrt, vermutet der Unkundige beim Auftreten starker, unangenehmer Gerüche zu leicht das Vorhandensein von Kampfstoffen und gerät dadurch meistens unnötig in Unruhe.

Dichlordiäthylsulfid besitzt einen schwachen Geruch nach Meerrettig oder Senf, Phosgen nach faulem Heu, Blausäure nach zerdrückten bitteren Mandeln, Bromessigester riecht in genügender Verdünnung sogar angenehm fruchtartig. Wohl zu unterscheiden von dem Eigengeruche der Kampfstoffe ist ihre ätzende und reizende Wirkung auf die Nasenschleimhaut, die in einigen Fällen viel charakteristischer als ihr Geruch ist und meistens mit der Einwirkung auf die Augen zusammengeht.

Eine wichtige Bedingung für die Brauchbarkeit chemischer Verbindungen als Kampfstoffe ist ihre **Beständigkeit** gegen die im Felde am häufigsten auftretenden Faktoren. Sie müssen gegen hohen Druck und gegen plötzliche Erhitzung, wie sie bei der Explosion auftreten, beständig sein. Wünschenswert ist es sogar in einzelnen Fällen, daß sie durch die Explosionshitze etwas verschwelt und vergast werden, dann sich aber als Gas unverändert halten oder zu einem Flüssigkeitsnebel oder zu einem Staube feinster Teilchen kondensieren. Da nur wenige der hier in Betracht kommenden chemischen Verbindungen die hohe Temperatur und den großen Druck der Explosion ohne Zersetzung überstehen, so scheiden derartige empfindliche Stoffe als Kampfmittel für Abwurfbomben aus. Von noch größerer Wichtigkeit ist die Widerstandsfähigkeit der Kampfstoffe gegen die Atmosphärilien, also gegen den Luftsauerstoff und vor allem gegen die atmosphärische Feuchtigkeit, d. h. gegen Regen, Nebel, Schnee, Tau. Von Sauerstoff werden die heute verwendeten Kampfstoffe in absehbarer Zeit nicht merklich angegriffen. Anders ist aber das Verhalten gegen Wasser und wäßrige Flüssigkeiten sowie gegen gewisse Chemikalien. Eingehende Versuche haben gezeigt, daß Chlorpikrin, Chlorazetophenon, Jodessigester durch Wasser bei Zimmertemperatur praktisch nicht zersetzt werden. Sehr langsam ist der Zerfall des Benzylbromids, des Xylylbromids und des Brombenzylzyanids. Das Dichlordiäthylsulfid wird durch überschüssiges Wasser nach 2 Stunden zu 22 %, nach 24 Stunden zu 60 % in harmlose Produkte zersetzt. Indessen handelt es sich hierbei um größere Mengen flüssigen Wassers, während Wasserdampf infolge seiner viel geringeren Konzentration erheblich langsamer auf das flüssige Dichlordiäthylsulfid einwirkt. Demnach wird ein durch diesen Kampfstoff begifteter Erdboden durch Regen, der nicht allein fortspült, sondern auch zersetzend wirkt, vor allem bei wärmerem Wetter nach einigen Tagen wieder gereinigt und betretbar sein, während Nebel, Schnee, Tau und feuchte Luft ihr Zerstörungswerk erst nach Wochen beendigen. Das Chlorvinylarsindichlorid oder der Lewisit wird durch flüssiges Wasser schon in wenigen

Minuten vernichtet, während das schwer giftige Phosgen, die perchlorierten Ameisensäureester oder der Perstoff, das Diphenylarsinchlorid und Diphenylarsinzyanid gegen Wasser auch nur sehr kurzlebig sind.

Wenn das Wasser schon an und für sich ein sehr gutes Bekämpfungs- und Zerstörungsmittel für die meisten Kampfstoffe ist, so kommt neben seiner chemischen Reaktionsfähigkeit auch noch seine lösende und fortspülende Wirkung hinzu. Ein Sprühregen von Wasser absorbiert die in der Luft enthaltenen gas- oder nebel- oder staubförmigen Kampfstoffe, schlägt sie rasch nieder und verdünnt und zerstört sie in kurzer Zeit.

Noch besser zersetzend auf chemische Kampfstoffe wirken häufig alkalische Lösungen, also in erster Linie wässerige Soda-, Pottasche- oder Seifenlösungen; ferner Kalkmilch, Kalkbrei, Ammoniaklösung usw. Vor allem werden Phosgen, Lewisit, Perstoff und die Diphenylarsine rasch durch alkalische Lösungen vernichtet, während Dichlordiäthylsulfid und Chlorpikrin auch dagegen eine merkliche Widerstandsfähigkeit besitzen. Das gefährliche und recht beständige Dichlordiäthylsulfid läßt sich aber sehr rasch durch Chlorkalk, durch starke Permanganatlösung, durch Chloramin oder p-Toluolsulfochloramin zersetzen. Diese Zerstörung durch Chlorkalk ist mit erheblicher Wärmeentwicklung verbunden, die bis zur Entflammung gehen kann. Um die damit verbundene recht erhebliche Verdampfung des Kampfstoffes zu vermeiden, empfiehlt es sich, nicht mit reinem Chlorkalk zu arbeiten, sondern ihn als wäßrigen Brei anzuwenden.

In diesem empfindlichen Verhalten der meisten Kampfstoffe gegen Wasser und gewisse Chemikalien liegt auch bereits die Möglichkeit ihrer erfolgreichen Bekämpfung bei und nach Luftangriffen mit derartigen Stoffen.

Die wichtigsten chemischen Kampfstoffe sind mit ihren Eigenschaften, ihrer Zusammensetzung, ihren im Felde gebrauchten Decknamen usw. in Tabelle 1 (S. 54 u. 55) zusammengestellt.

Die Wirksamkeit der chemischen Kampfstoffe beruht darauf, daß schon sehr kleine Mengen derselben sehr große Störungen im lebenden Organismus hervorrufen können. Diese physiologische Wirkung der Kampfstoffe ist durchaus spezifisch, und Phosgen wirkt anders als Dichlordiäthylsulfid oder als Chlorazetophenon usw. Fast jeder Kampfstoff hat sein bevorzugtes Organ, das er in erster Linie anzugreifen und zu schädigen sucht. Chlor wirkt in erster Linie auf die Atmungsorgane, Bromazeton, Chlorazetophenon und Brombenzylzyanid vor allem auf die Augen, Dichlordiäthylsulfid greift die Haut an, Diphenylarsinchlorid die oberen Luftwege. Einige Kampfstoffe vermögen auch mehrere Teile des Körpers zu schädigen, so daß die Wirksamkeit dieser Stoffe recht mannigfaltig ist. In dieser von Fall zu Fall verschiedenen Wirkungsweise und der Vielfältigkeit der Erscheinungen ist zum großen

Teil die Begründung für die gewaltigen Erfolge der Kampfstoffe zu suchen. Dazu kommt noch, daß die Empfindlichkeit verschiedener Individuen recht verschieden ist. Pferde sind z. B. gegen Chlor erheblich unempfindlicher als Menschen und Hunde; nach amerikanischen Berichten sollen ferner Neger gegen Dichlordiäthylsulfid merklich widerstandsfähiger als Weiße sein.

Bei den meisten chemischen Kampfstoffen tritt die schädigende Wirkung sofort nach der Einwirkung auf den Organismus ein. Aber es kann zwischen dem Zeitpunkte des Auftreffens des Kampfstoffes z. B. auf die Schleimhäute und dem Zeitpunkte der ersten merklichen Schädigungen eine gewisse Zeitspanne liegen, die als die Latenzzeit des Kampfstoffes bezeichnet wird. Für die geschickte Ausnutzung der Kampfstoffe kann diese Latenzzeit von großer Bedeutung sein. Bei Stoffen von großer Latenzzeit merkt der Betroffene zu spät, daß er mit Kampfstoff in Berührung gekommen ist, und kann häufig Ort und Zeit der Vergiftung nachträglich nicht mehr feststellen. Er ergreift daher seine Schutzmaßnahmen erst dann, wenn die Einwirkung schon in vollem Gange ist. Während Chlorazetophenon und Chlor ihre Wirkung sehr rasch auf die Augen bzw. auf die Atmungsorgane ausüben und daher sofort bemerkt werden oder kampfunfähig machen, tritt die blasenziehende Wirkung des Dichlordiäthylsulfids erst nach einiger Zeit, selbst erst nach Stunden ein. Im allgemeinen ist die Latenzzeit eines Kampfstoffes um so kürzer, in je höheren Konzentrationen er zur Anwendung kommt.

Durch die chemischen Kampfstoffe werden an irgendeinem Organe physiologische Änderungen hervorgerufen, durch die seine normalen Funktionen gestört werden. Bei übermäßiger Einwirkung können sie wohl auch zum Tode führen. Indessen ist es nicht richtig, diese Stoffe deshalb allgemein zu den Giften zu rechnen; denn auch andere, unzweifelhaft ungiftige Stoffe wie Kochsalz, destilliertes Wasser usw. können bei unmäßigem Genusse, d. h. bei zu hohen Konzentrationen, den Organismus so schädigen, daß der Tod eintritt. Der Giftwirkung der Kampfstoffe, also der Einwirkung unter Erscheinungen, die zum Tode führen, geht meistens eine Reizwirkung voraus. Beide Wirkungen müssen auseinandergehalten werden, obwohl sie bei vielen Kampfstoffen miteinander eng verbunden sind und ineinander übergehen. Stoffe mit Reizwirkung warnen gleichsam die davon betroffenen Organe vor drohender Gefahr und regen sie an, sich der schädigenden Stoffe durch Tränenabsonderung, durch Husten, Speichelabsonderung, Blasenbildung usw. zu entledigen. Die Reizwirkung braucht nicht gleich von einer Schädigung begleitet zu sein und hört meistens nach Entfernung des Reizstoffes auf. Aber wenn die abwehrende Tätigkeit der gereizten Organe durch Überanstrengung oder durch chemische oder physikalische Zerstörung über die Grenzen des Erträglichen hinausgeht,

Tabelle 1

Chemische Bezeichnung	Decknamen	Formel	Siedepunkt °	Spez. Gew. des Gases g/l	Flüchtigkeit bei 20°	Physiologische Wirkung	Taktische Verwendung
Kohlenmonoxyd	—	CO	—190	1,25	Gas	Blutgift	Keine
Chlor	Berthollit	Cl_2	— 33,5	3,2	Gas	Atmungsorgane	Im Blasverfahren; Zusatz zu Chlor im Blasverfahren; in Artilleriegeschossen; in Minen für Gaswerfer; leicht flüchtig; Offensivkampfstoffe
Phosgen	Zusatz	$COCl_2$	+ 8,2	4,4	Gas	Lunge	
Chlorzyan	Mauguinit	$ClCN$	15,5	2,7	Gas	Auge, Atmungsorgane, Nervengift	
Blausäure	Zusatz	HCN	26,5	1,2	Gas	Nervengift	
Bromzyan	—	$BrCN$	61,4	4,7	200 g/cbm	Auge, Atmungsorgane, Nervengift	
Chlorpikrin	Klop	$CCl_3 \cdot NO_2$	113	7,3	180 g/cbm	Auge und Lunge	Offensivkampfstoffe von mittlerer Flüchtigkeit; gasen kurze Zeit nach
Chlorazeton	—	$ClCH_2COCH_3$	119	4,1	120 g/cbm	Auge	
Perchlorameisensäuremethylester	Perstoff	$Cl \cdot COOCCl_3$	128	8,8	43 g/cbm	Atmungsorgane	
Methylarsindichlorid	—	$CH_3 \cdot AsCl_2$	133	7,2	75 g/cbm	Atmungsorgane	
Bromazeton	B-Stoff	$BrCH_2COCH_3$	136	6,6	75 g/cbm	Auge	
Äthylarsindichlorid	Dick	$C_2H_5 \cdot AsCl_2$	156	7,8	20 g/cbm	Atmungsorgane, Haut- und Zellgift	
Bromessigsäureäthylester	—	$BrCH_2COOC_2H_5$	168	7,0	—	Auge	
Jodessigsäureäthylester	—	$JCH_2COOC_2H_5$	179	8,9	3,1 g/cbm	Auge	
Chlorvinylarsindichlorid	Lewisit	$ClCHCH \cdot AsCl_2$	190	9,2	0,4 g/cbm	Haut; Zellgift	Defensivkampfstoffe von geringer Flüchtigkeit; gasen nicht nach
Benzylbromid	Cyklit	$C_6H_5 \cdot CH_2Br$	201	7,7	2,4 g/cbm	Auge	
Xylylbromid	T-Stoff	$CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot CH_2Br$	220	8,3	0,6 g/cbm	Auge	
Dichlordiäthylsulfid	Lost, Senfgas	$(ClCH_2CH_2)_2S$	217	7,1	0,6 g/cbm	Haut; Zellgift	
Brombenzylzyanid	Camit	$C_6H_5 \cdot CHBr(CN)$	225	8,7	0,7 g/cbm	Auge	
Benzyljodid	—	$C_6H_5 \cdot CH_2J$	226	9,7	1,2 g/cbm	Auge	
Chlorazetophenon	—	$ClCH_2 \cdot CO \cdot C_6H_5$	245	6,9	0,1 g/cbm	Auge	
Diphenylarsinchlorid	Clark I	$(C_6H_5)_2 \cdot AsCl$	333	11,7	0,0003 g/cbm	Atmungsorgane	Reizstoffe höchster Wirksamkeit; nicht flüchtig und nur als Schwaden wirksam; gasen nicht nach
Diphenylarsinzyanid	Clark II	$(C_6H_5)_2 \cdot AsCN$	346	11,4	0,0001 g/cbm	Atmungsorgane	
Diphenylaminarsinchlorid	Adamsit	$HN(C_6H_4)_2 \cdot AsCl$	410	12,3	0,00002 g/cbm	Atmungsorgane	

so kann eine dauernde Schädigung eintreten. Bei allzu großen Reizwirkungen können die Dauerschädigungen wohl auch so groß werden, daß der Tod eintritt und die Reizwirkung in Giftwirkung übergegangen ist. Der Ausdruck Giftgas für chemische Kampfstoffe ist unrichtig und geeignet, ein ganz falsches Bild von diesen Kampfmitteln zu geben.

Es ist erstaunlich, durch welche geringen Mengen dieser Reizstoffe noch eine Einwirkung auf den Organismus erzielt wird. Verdampft man z. B. nur 0,1 mg Chlorazetophenon im Kubikmeter Luft, so hat man beim Einatmen dieser Luft zwar eine deutliche, nicht unangenehme Geruchsempfindung, die aber nicht weiter störend ist. Bei einer Konzentration von 0,3 mg/cbm tritt jedoch unwiderstehliche Tränenabsonderung ein; immerhin ist dieser Reiz noch zu ertragen. Man bezeichnet diese Kampfstoffmenge, die den Reiz gerade zur deutlichen Empfindung bringt, als die **untere Reizgrenze** des Kampfstoffes. Sie ist natürlich von Mensch zu Mensch etwas verschieden. Für einige Kampfstoffe sind die unteren Reizgrenzen in Tabelle 2 (S. 56) enthalten.

Steigert man die Kampfstoffmenge in der Luft mehr und mehr, so kommt man schließlich zu einem Kampfstoff-Luftgemisch, in dem der Aufenthalt unerträglich wird. Bei tränenerregenden Stoffen muß man die Augen sofort krampfhaft schließen; man ist nicht mehr in der Lage, sich irgendwie zu wehren; man hat nur das Bestreben, sich auf jeden Fall aus der vergasten Luft zu entfernen; man ist völlig kampfunfähig

Tabelle 2

Kampfstoff	Untere Reizgrenze mg im cbm Luft
Diphenylarsinzyanid (Clark II)	0,01
Diphenylarsinchlorid (Clark I)	0,01
Diphenylaminarsinchlorid (Adamsit)	0,01
Äthylarsindichlorid (Dick)	0,1
Chlorazetophenon	0,3
Brombenzylzyanid	0,3
Bromazeton	1,0
Jodessigester	1,4
Xylylbromid	1,8
Methylarsindichlorid	2,0
Benzyljodid	2,0
Chlorpikrin (Klop)	2,0
Benzylbromid	4,0
Bromzyan	5,0
Phosgen	5,0
Perchlorameisensäuremethylester (Perstoff)	5,0
Bromessigester	10,0
Chlor	10,0
Chlorazeton	18,0

geworden. Diese Kampfunfähigkeit erstreckt sich nicht allein auf die körperliche Wehrlosigkeit, sondern bei den meisten Menschen auch auf das Zusammenbrechen des seelischen und moralischen Widerstandes, und hierin liegt eine besonders große Gefahr. Um diesen Punkt zu erreichen, muß eine bestimmte Konzentration an Kampfstoff in der Luft enthalten sein, die man als Unerträglichkeitsgrenze bezeichnet. Auch sie ist individuell und schwankt bei verschiedenen Menschen bis zu 20% um die in Tabelle 3 (S. 57) angegebenen Mittelwerte.

Die in Tabelle 3 angegebenen Mengen Kampfstoff im Kubikmeter Luft machen es dem normalen, ungeschützten Menschen unmöglich, sich länger als eine Minute in derartig vergaster Luft aufzuhalten. Wenn die meisten Reizstoffe unter diesen Bedingungen auch sehr wirksam sind, so sind sie trotzdem verhältnismäßig harmlos, weil selbst die unerträglichen Mengen nicht zu einer dauernden Schädigung ausreichen, es sei denn, daß man sich dem Einflusse nicht entziehen kann. Für gewöhnlich verschwinden die Reizwirkungen in frischer Luft kurze Zeit nach Beendigung der Einwirkung des Reizstoffes. Alle diese Eigenschaften, vor allem die widerstandsbrechende Wirkung der Augenreizstoffe, machen sie nicht nur für den Kriegsgebrauch gut verwendbar, sondern auch für polizeiliche Zwecke, um z. B. Menschenansammlungen ohne Anwendung von Gewalt zu zerstreuen oder Verbrecherhöhlen auszuräuchern usw.

Tabelle 3

Kampfstoff	Unerträglichkeitszahlen mg im cbm Luft
Diphenylarsinzyanid (Clark II)	0,25
Diphenylaminarsinchlorid (Adamsit)	0,4
Diphenylarsinchlorid (Clark I)	1,0
Chlorazetophenon	4,5
Bromazeton	10
Äthylarsindichlorid (Dick)	10
Xylylbromid	15
Jodessigester	15
Methylarsindichlorid	25
Brombenzylzyanid	30
Benzyljodid	30
Bromessigester	40
Perchlorameisensäuremethylester (Perstoff)	40
Chlorpikrin (Klop)	50
Benzylbromid	60
Bromzyan	60
Chlor	100
Chlorazeton	100

Es ist also festzuhalten, daß der größte Teil der zur Anwendung gelangenden chemischen Kampfstoffe eine erhebliche Reizwirkung auf verschiedene Teile des Organismus ausübt, daß diese Reizwirkung jedoch für den davon betroffenen Körper meist ohne dauernden Nachteil ist, wenn er sich derselben so rasch als möglich entzieht und so die Reizwirkung nicht zur Giftwirkung werden läßt. Die Verwendung derartiger Reizstoffe im Luftkrieg könnte zweifellos einen Teil der Bevölkerung, soweit sie nicht wie die Angehörigen des Heeres, mit Schutzvorrichtungen versehen sind, für kurze Zeit arbeitsunfähig machen, wird aber kaum tödliche Verluste herbeiführen. Daneben darf man aber auch die seelische Belastung und Beunruhigung vor allem der Frauen und Kinder durch tränen- und hustenerregende Kampfstoffe nicht unterschätzen. Sicherlich wird aber durch eingehende und zeitige Aufklärung der Bevölkerung eine Überschätzung dieser Wirkungen vermieden werden.

Da alle Kampfstoffe infolge ihrer Flüchtigkeit freiwillig mehr oder weniger stark verdampfen und sich so in der Luft verbreiten, so ist noch die Frage zu prüfen, ob durch die Flüchtigkeit der Kampfstoffe bereits ihre Unerträglichkeitsgrenze erreicht oder gar überschritten werden kann. Nur beim Diphenylarsinchlorid und -zyanid und beim Diphenylaminarsinchlorid liegt die Flüchtigkeit unterhalb der Unerträglichkeitsgrenze. Demnach werden alle Reizstoffe mit Ausnahme der drei genannten schon beim Liegen an der Luft diese nach einer

gewissen Zeit unerträglich machen. Die Bewegung der Luft, das Hinzuströmen von immer neuen Luftmassen wird indessen eine Sättigung mit Kampfstoff sehr erschweren, so daß auch offen herumliegende Reizstoffe nur ausnahmsweise die Luft bis zur Unerträglichkeit verseuchen. Da man andererseits die Unerträglichkeitsgrenze bei den drei genannten schwerflüchtigen Kampfstoffen nicht durch einfaches Verflüchtigen bei Zimmertemperatur erreichen kann, so sucht man sie durch zwangläufiges Vernebeln oder Verstäuben oder Verschwelen zu erreichen und zu überschreiten.

Neben diesen Reizstoffen von bedingter Schädlichkeit und von sehr bedingter Tödlichkeit kommen auch noch solche Kampfstoffe in Frage, die eine Giftwirkung aufweisen, ohne daß der Organismus auf sie durch eine warnende Reizwirkung oder durch andere auffällige Eigenschaften aufmerksam gemacht wird. So ist die von den Franzosen im Weltkrieg verwendete Blausäure ein sehr starkes Gift, besitzt aber kaum Reizwirkungen. Das Bromazeton dagegen ist durch sehr kräftige Reizwirkung auf die Augen ausgezeichnet, ist aber fast gar nicht giftig. Chlorpikrin wiederum besitzt beide Eigenschaften in ausgeprägtem Maße; es reizt sehr stark und ist auch zugleich giftig. Das Dichlordiäthylsulfid besitzt im gasförmigen Zustande nur geringe Reizwirkung auf Augen und Nase, ist also fast ohne warnendes Kennzeichen; hingegen ist es ein heftig wirkendes Zellgift, das auf der Haut bei unmittelbarer Berührung zu schweren Entzündungen führt. Auch eine gewisse Giftigkeit ist vorhanden. Je nach dem angewendeten Kampfstoff können wir also einem Menschen den Aufenthalt in einem Raume, im Gelände, auf den Straßen usw. unmöglich machen, ohne ihn zu töten; andererseits aber können wir ihm auch fast unmerklich solche Mengen schwer giftiger Stoffe beibringen, daß er daran zugrunde gehen muß.

Die Giftwirkung der Kampfstoffe kann sich fast augenblicklich bemerkbar machen, wie z. B. bei der Blausäure; sie kann sich aber auch erst allmählich zeigen und wie z. B. beim Kohlenmonoxyd, beim verdünnten Phosgen, erst nach Stunden und Tagen zum Tode führen.

Um die Giftwirkung der verschiedenen Kampfstoffe miteinander vergleichen zu können, hat man in umfangreichen Tierversuchen die Mengen bestimmt, die unter vergleichbaren Umständen tödlich wirken und hat diese Mengen dann mit erlaubter Annäherung auf den Menschen umgerechnet. Es wurde ein Kubikmeter Luft mit einer bestimmten Anzahl c von Milligrammen des vergasten Kampfstoffes versetzt und die Zeit t in Minuten bestimmt, nach der beim Einatmen dieser Luft der Tod eintrat. Das Produkt aus dem Kampfstoffgehalt c in mg/cbm und der Wirkungszeit t in Minuten wird als Wirkungswert oder Tödlichkeitszahl $c \cdot t$ des betreffenden Kampfstoffes bezeichnet und ist für verschiedene Zeiten und Kampfstoffkonzentrationen genügend konstant. Dieser Wirkungswert $c \cdot t$ erlaubt die verschiedenen Kampf-

stoffe in bezug auf ihre Giftigkeit mit erlaubter Annäherung zu vergleichen. Je kleiner dieser Wirkungswert $c \cdot t$ ist, desto geringere Mengen sind erforderlich, um den Tod herbeizuführen, desto giftiger wirkt der Kampfstoff. Die Tödlichkeitszahl ist ein unmittelbares Maß für die Stärke und Giftigkeit des Stoffes[1]). Zwar sind diese Werte auch nur recht schwankende Mittelwerte und nach neueren Tierversuchen auch gelegentlich höher; sie lassen indessen einen angenäherten Vergleich nicht allzu verschiedener Kampfstoffe zu. Besitzt ein Kampfstoff z. B. die Tödlichkeitszahl 900, so würde nach einminutigem Aufenthalt in einer Luft, die 900 mg Kampfstoff im Kubikmeter enthält, der menschliche Organismus tödlich vergiftet sein. Ist aber im Kubikmeter Luft nur ein Milligramm Phosgen enthalten, so wird die tödliche Vergiftung erst nach 900 Minuten erreicht. Das Produkt aus Kampfstoffkonzentration und Zeit, die Tödlichkeitszahl, ist eine Konstante für einen bestimmten Kampfstoff.

Aus Tabelle 4 (S. 59) ergibt sich, daß gewisse gefürchtete Gifte, wie die Blausäure, als Kampfstoff weit hinter anderen Verbindungen, wie

Tabelle 4

Kampfstoff	Tödlichkeitszahl	Warnungszahl
Phosgen	900	—
Perchlorameisensäuremethylester (Perstoff)	1000	25
Dichlordiäthylsulfid (Lost)	1500	—
Chlorvinylarsindichlorid (Lewisit)	1500	—
Jodessigester	1500	100
Bromzyan	2000	33
Chlorpikrin	2000	40
Chlorazeton	3000	30
Bromessigester	3000	75
Benzyljodid	3000	100
Methylarsindichlorid	3000	120
Äthylarsindichlorid	3000	300
Blausäure	1000—4000	—
Bromazeton	4000	400
Chlorazetophenon	4000	1000
Diphenylarsinchlorid	3000	4000
Diphenylarsinzyanid	4000	16000
Benzylbromid	6000	100
Xylylbromid	6000	400
Brombenzylzyanid	7500	250
Chlor	7500	75
Kohlenmonoxyd	70000	—

[1]) Vgl. dazu F. Flury und Zernik, Gasschutz und Luftschutz 2, 149 (1932).

z. B. Phosgen, zurückstehen. So ist die Tödlichkeitszahl des Phosgen gleich 900, d. h. ein Mensch stirbt, wenn er eine Minute lang Luft einatmet, die im Kubikmeter 900 mg Phosgen enthält, und da der Mensch in dieser einen Minute ungefähr 8 Liter Luft einatmet, so werden ihm als tödliche Dosis nur $8 \cdot 900/1000$ mg = 7,2 mg Phosgen zugeführt. Von der seit alters her gefürchteten Blausäure müssen jedoch dem menschlichen Körper 20—30 mg zugeführt werden, um dasselbe Ergebnis zu erreichen. Die Blausäure ist also erheblich weniger giftig als das Phosgen und der Perstoff und hat sich tatsächlich im Felde neben anderen unzureichenden Eigenschaften auch deswegen als wirkungslos erwiesen. Die großen Hoffnungen, die die Franzosen im Weltkriege auf dieses typische Gift gesetzt haben, sind in keiner Weise erfüllt worden. Auch bei Luftangriffen dürfte die Blausäure kaum ein geeigneter Kampfstoff sein.

Es hatte sich ergeben, daß bei den Atemgiften die Reizwirkung scharf von der Giftwirkung zu trennen ist, wenngleich beide Wirkungen meistens zusammen auftreten. Je ausgesprochener nun die Reizwirkung ist, desto früher und eindrucksvoller wird der Organismus gewarnt. Man kann daher das Verhältnis von Tödlichkeitszahl zur Unerträglichkeitszahl als die Warnungszahl des betreffenden Kampfstoffes bezeichnen. Je größer die Warnungszahl, desto mehr überwiegt die Reizwirkung die Giftwirkung und desto heftiger wird der Mensch vor diesem Kampfstoffe gewarnt.

Neben diesen gefährlichen Atemgiften ist nun noch die Gruppe von Kampfstoffen zu erwähnen, die durch unmittelbare Berührung mit der Haut zu schweren Erkrankungen führen, wie z. B. das Dichlordiäthylsulfid und das Chlorvinylarsindichlorid. Es handelt sich hier um Stoffe, die auf die sonst sehr widerstandsfähigen Zellen der Haut und der darunterliegenden Gewebe zerstörend einwirken; der dadurch bewirkte Zerfall der Zellen ist nicht mehr rückgängig zu machen. Es liegt also keine vorübergehende Reizwirkung vor. Daß solche Zellgifte bei genügender Konzentration auch auf die Schleimhäute, also auf Augen, Nasen, Atmungsorgane usw. heftig einwirken, ist bei dem besonders empfindlichen Charakter dieser Organe zu erwarten, und so wirken diese Stoffe auch dort gelegentlich ein, wenn sie als Gas oder Nebel usw. eingeatmet werden. Bei diesen Hautgiften haben wir es mit Stoffen zu tun, die langsam einsetzende und lange anhaltende Störungen in den Geweben hervorrufen, die an schwere Verbrennungen durch Hitze oder durch Gletscherbrand oder durch Röntgenstrahlen usw. erinnern. Diese blasenziehende Wirkung ist an und für sich nicht tödlich, wird es aber leicht dadurch, daß die betroffenen Stellen besonders leicht empfänglich für Infektionen sind, daß z. B. der Atmungsprozeß durch schwere Entzündungen in der Lunge unterbunden wird. Die Augen, die mit diesen Hautgiften in Berührung kommen, können so entzündet werden, daß

vorübergehende Erblindung eintritt. Die Tödlichkeitsziffer der Kranken, die durch diese Kampfstoffe kampfunfähig gemacht worden sind, ist jedoch auffallend gering; aber trotzdem bleibt vor allem das Dichlordiäthylsulfid einer der wirksamsten Kampfstoffe, der in den kommenden Luftangriffen vielleicht eine Rolle spielen wird.

Es ist nicht ohne Interesse, zu sehen, in welcher Reihenfolge die Kampfstoffe in der Praxis eingeführt worden sind. Zuerst traten diejenigen auf, die auf die empfindlichsten Organe des Körpers, auf die Augen, einwirkten, also die tränenerregenden Stoffe. Dann kamen die auf Nase und Atmungsorgane einwirkenden und endlich zum Schlusse die auf die wenig empfindliche Außenhaut einwirkenden Kampfstoffe. Es wurden immer weniger empfindliche Körperteile als Ziel für die chemischen Kampfstoffe ausgewählt; aber dafür wurde ihre Wirksamkeit erheblich größer.

Nicht ohne Bedeutung für die praktische Anwendung der chemischen Kampfstoffe ist ihr Verhalten gegen die Schutzvorrichtungen, die zu ihrer Unschädlichmachung oder zu ihrer Abwehr gebaut werden. Die ersten primitiven Schutzmasken boten nur gegen leicht absorbierbare Gase, wie Chlor und Phosgen, Sicherheit, während die folgenden Kampfstoffe hindurchgingen. Aber das Absorptionsvermögen der Schutzvorrichtungen wurde rasch gesteigert, so daß alle in der Luft als echte Gase auftretenden Kampfstoffe festgehalten wurden. Hingegen gingen die Schwebstoffe noch in erheblichen Mengen hindurch, so daß man sie als Maskenbrecher bezeichnete. Aber bald lernte man auch diese Schwebstoffe durch geeignete Zellstoff-, Watte- und Flanellfilter auffangen und unschädlich zu machen. Heute ist man in der Lage, jeden chemischen Kampfstoff, der in der Luft vergast oder vernebelt oder verstäubt ist, aus der Atemluft restlos zu beseitigen (vgl. S. 114). Der Schutz gegen Hautgifte, vor allem gegen Dichlordiäthylsulfid ist inzwischen durch die Ausbildung einer besonderen Schutzkleidung auch schon erheblich gefördert worden (vgl. S. 157). Im großen und ganzen halten sich die Kampfstoffe im Angriff und im Schutze jetzt wohl das Gleichgewicht.

C. Einteilung der chemischen Kampfstoffe

Vom Standpunkt des Chemikers aus gesehen, lassen sich die Kampfstoffe nur unvollkommen in übersichtlicher Weise einteilen, weil sie regellos den verschiedensten chemischen Gruppen angehören. Chlor, Arsentrichlorid, Chlor- und Bromzyan, Blausäure und Kohlenmonoxyd kann man dem Gebiete der unorganischen Chemie zurechnen, während die übrigen, und gerade die wirksamsten Kampfstoffe zu den organischen und meist sehr verwickelt zusammengesetzten Verbindungen gehören. Hier zählen wir zu den organisch-aliphatischen Verbindungen das Chlor-

pikrin, das Chlor- und Bromazeton, die perchlorierten Ameisensäuremethylester, das Dichlordiäthylsulfid und das Chlorvinylarsindichlorid; zu den organisch-aromatischen Stoffen gehören das Xylylbromid, Benzylbromid, Brombenzylzyanid, Chlorazetophenon, das Diphenylarsinchlorid und -zyanid, das Diphenylaminarsinchlorid. Diese chemische Einteilung ist praktisch von geringer Bedeutung, weil irgendwelche Beziehungen zwischen dem Bau der Verbindungen und ihren physiologischen, also vor allem ihren Reiz- und Giftwirkungen bisher nicht bekannt sind.

Wichtiger, zum mindesten für den Arzt, ist eine Einteilung auf Grund der physiologischen Wirkungen. Indessen kann eine solche Einteilung der Kampfstoffe nur angenähert gelten, weil ein Kampfstoff häufig mehrere Organe angreift und dadurch mehrere Reizwirkungen auf den Organismus ausübt. Ein und derselbe Kampfstoff kann daher zu mehreren derartigen Gruppen gezählt werden. Von diesem medizinischen Standpunkt aus wird häufig folgende Einteilung vorgenommen:

I. Reizstoffe.
   a) Augenreizstoffe (Tränenstoffe): Chlorazeton, Bromazeton, Chlorazetophenon, Benzylbromid, Xylylbromid, Brombenzylzyanid, Bromessigester.
   b) Nasen- und Rachenreizstoffe (Blaukreuzgruppe): Diphenylarsinchlorid, Diphenylarsinzyanid, Diphenylaminarsinchlorid, Methyl- und Äthylarsindichlorid.

II. Erstickende Kampfstoffe (Grünkreuzgruppe): Chlor, Phosgen, Perstoff, Chlorpikrin.

III. Ätzende Kampfstoffe (Gelbkreuzgruppe): Dichlordiäthylsulfid, Chlorvinylarsinchlorid, Äthylarsindichlorid.

IV. Sonstige schädliche Stoffe:
   a) Nervengifte: Blausäure, Chlor- und Bromzyan.
   b) Blutgifte: Kohlenmonoxyd, Stickstoffoxyde.

Eine andere Einteilung der Kampfstoffe hat man auf die Art gegründet, wie sie dem Organismus zugeführt werden und wie sie draußen im Felde auftreten. Die eine Gruppe wird in vergastem, vernebeltem oder verstäubtem Zustande mit der Luft gemischt und so dem Gegner zugeführt. Dies sind die L u f t k a m p f s t o f f e, die vielfach auch Atemgifte sind. Die Kampfstoffe der zweiten Gruppe bleiben wegen ihrer geringen Flüchtigkeit lange im Gelände liegen und wirken vor allem durch unmittelbare Berührung auf die Haut. Das sind die G e l ä n d e k a m p f s t o f f e, zu denen vor allem das Dichlordiäthylsulfid gehört. Die Luftkampfstoffe werden durch den Wind rasch fortgetrieben oder schlagen sich aus der Wolke bald nieder, so daß ihre Wirkung nur von kurzer Dauer ist. Die Geländekampfstoffe hingegen können nach dem Abwerfen oder Abregnen aus Flugzeugen das Gelände, die Straßen und

Plätze für längere Zeit unbetretbar machen, wenn sie nicht chemisch vernichtet werden.

Eine andere Einteilung berücksichtigt die Interessen des Soldaten und erfolgt vor allem nach taktischen Rücksichten. Den Soldaten kümmert es wenig, durch welche Schädigungen sein Gegner außer Gefecht gesetzt wird; ihn interessiert ausschließlich, wie er sein Verhalten beim Angriff mit und bei der Verteidigung gegen chemische Kampfstoffe einrichten muß. Hier ist die Art des Kampfstoffes und die Art seiner Wirkung nebensächlich, von größter Bedeutung aber die Schnelligkeit und die Dauer der Wirkung der verwendeten Kampfstoffe. Der eigene Angriff nach dem Einsatz von Kampfstoffen in das begaste Gebiet ist nur dann möglich, wenn der Gegner mit flüchtigen, schnellwirkenden Mitteln sofort kampfunfähig gemacht worden ist, die aber dann auch so rasch verschwinden, daß man selbst den Vorstoß in das rasch entgaste Gelände wagen darf. Neben diesen leichtflüchtigen und schnell wirkenden Kampfstoffen, die also für den Angriff geeignet und meistens Luftkampfstoffe sind, steht dann die Gruppe derjenigen Stoffe, die infolge ihrer Nicht- oder Schwerflüchtigkeit lange im Gelände liegenbleiben und dieses für Freund und Feind unbetretbar machen. Diese seßhaften Geländekampfstoffe eignen sich vor allem für Verteidigungszwecke, für die Niederkämpfung von Artilleriestellungen und Maschinengewehrnestern, für die Sperrung von Geländestreifen, von Brücken, Wegen usw.

Zur Gruppe der schwerflüchtigen und langwirkenden Defensiv- und Geländekampfstoffe, der sog. G e l b k r e u z g r u p p e, gehört das Dichlordiäthylsulfid und das Chlorvinylarsindichlorid. Sie wirken in erster Linie als Hautgifte; unter Umständen ist ihr Dampfdruck noch genügend, um auf Augen und Nasen einzuwirken.

Zur Gruppe der nichtseßhaften, kurzwirkenden Kampfstoffe, der sog. G r ü n k r e u z g r u p p e, zählt man Chlor, Phosgen, Perstoff, Chlorpikrin. Sie verdampfen infolge ihrer größeren Flüchtigkeit in kürzerer Zeit vollständig, und ihre Wolken und Schwaden werden von Winden bald fortgetrieben. Es sind ausgesprochene Luftkampfstoffe.

Zu den kurzwirkenden Kampfstoffen müssen wir dann noch diejenigen rechnen, die man früher als Maskenbrecher bezeichnet und in der B l a u k r e u z g r u p p e zusammengefaßt hat. Sie sind kurzwirkend, weil ihre Flüchtigkeit verschwindend klein ist und sie ihre Reizwirkung nur so lange ausüben, als sie zwangsläufig in der Luft vernebelt, verstäubt oder verschwelt sind. Schlagen sie sich aus der Luft nieder, was ziemlich rasch geschieht, so ist ihre Wirkung auch vorüber. Zu dieser Blaukreuzgruppe gehören Diphenylarsinchlorid und -zyanid, Diphenylaminarsinchlorid. Auch die tränenerregenden Stoffe Chorazetophenon und Brombenzylzyanid zeigen dieses Verhalten.

Alle diese Kampfstoffe können nun, je nach dem beabsichtigten Zwecke, auch bei Luftangriffen verwendet werden. Die kurzwirkenden,

leichtflüchtigen Stoffe sind für Luftangriffe geeignet, weil sie sofort auf die Bevölkerung einwirken, in offene, ungeschützte Räume eindringen und durch ihre rasch einsetzende Reizwirkung Veranlassung zu Beunruhigung geben. Ist jedoch eine langdauernde Wirkung beabsichtigt, um z. B. den Verkehr für Stunden oder noch längere Zeit lahmzulegen, um Transporte zu hindern, um die industrielle Arbeit zu unterbinden, dann wird voraussichtlich in erster Linie das schwerflüchtige und lange wirkende Dichlordiäthylsulfid verwendet werden. Läßt man es über einer Großstadt oder über einem Industriezentrum abregnen oder durch Luftbomben versprühen, dann bildet es in Form von Pfützen, von Spritzern usw. eine langdauernde Gefahr für die Bewohner und Passanten. Infolge seiner großen Benetzungsfähigkeit wird es leicht und unbemerkt und unbeabsichtigt weitergetragen und in Wohnungen, Fabrikräume usw. verschleppt, wo es eine neue Quelle der Ansteckung und Vergiftung bildet.

Bei Luftangriffen hat man in erster Linie mit dem flüchtigen Phosgen, Perstoff und Chlorpikrin, und außerdem mit Dichlordiäthylsulfid zu rechnen. Ferner ist die Anwendung von Gemischen verschiedener Kampfstoffe möglich; und schließlich kann der Charakter der Kampfstoffe durch Zusatz anders riechender Stoffe scheinbar verändert und getarnt werden.

D. Die wichtigsten chemischen Kampfstoffe[1])

Wohl sämtliche Kampfstoffe lassen sich auch für Angriffe aus Flugzeugen benutzen. Für eine ernsthaft gedachte Verwendung kommen indessen nur sehr wenige in Frage, die hier an erster Stelle besprochen werden sollen. Daß neue Kampfstoffe, die bisher noch nicht praktisch im Felde erprobt sind, im Luftangriff verwendet werden, ist nicht ausgeschlossen; indessen ist es äußerst unwahrscheinlich, daß ihre Wirkung größer als die der bereits ausgeprobten sein wird.

1. Phosgen, $COCl_2$

Das Phosgen ist neben dem Chlor das einzige wirkliche Kampfgas, da es schon bei $+8{,}2^{\circ}$ siedet. Es wurde 1811 von dem englischen Chemiker J. H. Davy entdeckt, als er ein Gemisch von Kohlenmonoxyd und Chlor der Einwirkung des Sonnenlichtes aussetzte, wobei sich beide Bestandteile zu einer wasserklaren Flüssigkeit vereinigten. Der Name Phosgen deutet auf die Entstehung des Stoffes unter dem Einflusse des Sonnenlichtes hin, hat aber mit einem vermeintlichen Gehalte an Phosphor durchaus nichts zu tun. Die Vereinigung des Kohlenmonoxyds

[1]) Julius Meyer, Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, 3. Aufl., S. 251f., Leipzig 1939.

mit dem Chlor kann außer durch Bestrahlung auch noch durch andere Stoffe, wie z. B. durch aktive Holzkohle herbeigeführt werden, ein Verfahren, das heute in der Technik im großen durchgeführt wird und nach dem sich Phosgen in fast unbegrenzten Mengen herstellen läßt. Das gasförmige Phosgen läßt sich durch Abkühlung verflüssigen und kann dann ebenso wie das flüssige Chlor in eisernen Flaschen aufbewahrt und verschickt werden. Ein Liter des gasförmigen Phosgen wiegt 4,4 g und ist demnach 3,5mal so schwer wie Luft, so daß es sich auch hierdurch als brauchbarer Kampfstoff erweist. In größeren Konzentrationen bleibt es farblos oder als leicht getrübte Wolke auf der Erde liegen. Sein Geruch in sehr verdünnter Konzentration ist eigentümlich nach faulem Heu. In stärkeren Konzentrationen riecht es erstickend und wirkt dann äußerst heftig auf die Atmungsorgane. Phosgen gehört zu den gefährlichsten Kampfstoffen. Es wurde im letzten Kriege dem Chlor beim Blaseverfahren zugesetzt und in Granaten, Minen und vor allem in Gaswerferminen verschossen. Beim Einatmen geringer Mengen ist das Wohlbefinden anfangs scheinbar nicht gestört, bei größeren aber setzen schwere Erstickungsanfälle ein.

Durch Wasser wird Phosgen rasch und vollständig zersetzt, indem sich Salzsäure und Kohlensäure bilden:

$$COCl_2 + H_2O = 2\,HCl + CO_2.$$

Noch besser zersetzend wirken Sodalösungen, Seifenlösungen und andere alkalische Flüssigkeiten:

$$COCl_2 + Na_2CO_3 = 2\,NaCl + 2\,CO_2.$$

Bei Regenwetter, bei Nebel, Schneewetter sind Angriffe mit Phosgen nicht zu befürchten. Durch energisches Besprühen einer Phosgenwolke kann dieselbe in kurzer Zeit unschädlich gemacht werden.

Auffallend ist es, in welche starker Weise die Geschmacksnerven durch das Einatmen sehr geringer, für kurze Zeit noch völlig unschädlicher Phosgenmengen beeinflußt werden. Die feineren Geschmacksnerven werden hierdurch für längere Zeit in ihrer Empfindlichkeit gestört. Beim Rauchen von Zigarren und Zigaretten macht sich diese Erscheinung deutlich bemerkbar, indem der Wohlgeschmack in Luft mit Spuren Phosgen merklich verloren geht (Tabakprobe).

Im Luftangriff kann Phosgen nicht abgeregnet, sondern nur in Gefäßen abgeworfen werden. Hierbei kann das Phosgen im reinen Zustande verflüssigt in Luftbomben enthalten sein, die ihren Inhalt aber sehr rasch vergasen. Indessen kann das Phosgen auch in porösem Material aufgesaugt in der Bombe enthalten sein, das den Kampfstoff allmählich abgibt und so ein längeres Nachgasen erlaubt. Aber das Phosgen kann auch mit anderen, schwerer flüchtigen Stoffen wie Arsentrichlorid, Zinntetrachlorid gemischt sein, die ebenfalls auf eine längere Wirkung hin arbeiten. Immerhin ist auf Grund der bisherigen Er-

fahrungen nicht zu befürchten, daß ein Luftangriff mit Phosgenbomben irgendwelchen erheblichen Schaden anrichten wird. Wind, Wetter und Wasser sind die größten Feinde dieses kurzlebigen Kampfstoffes.

Der Schutz gegen phosgenhaltige Luft ist bei Anwendung der Gasschutzmaske vollkommen. Aber auch feuchte Tücher und Schwämme vor Mund und Nase sind ein brauchbarer Ersatz.

Auf Eisen und andere unedle Metalle wirkt Phosgen allmählich und oberflächlich zerstörend ein. Einfetten schützt dagegen.

Auf die Pflanzenwelt wirkt Phosgen infolge der Salzsäureabspaltung bald zerstörend ein. Flüssigkeiten und Nahrungsmittel werden nicht vergiftet, da dieser Kampfstoff sich darin sofort in Salzsäure und Kohlendioxyd zersetzt, die in diesen geringen Mengen unschädlich sind und höchstens den Geschmack etwas beeinträchtigen.

Das Phosgen, das schon lange vor dem Weltkriege in der chemischen Industrie als wichtiges Zwischenprodukt bei der Herstellung gewisser Farbstoffe diente, ist auch das Ausgangsmaterial für andere chemische Kampfstoffe geworden.

2. Perchlorameisensäuremethylester, $Cl \cdot COOCCl_3$

Durch Einwirkung von Phosgen auf Methylalkohol bildet sich der Chlorameisensäuremethylester $Cl \cdot COOCH_3$, der durch Behandlung mit Chlor in sehr wirksame Kampfstoffe übergeht, die in ihrem Verhalten dem Phosgen nahestehen.

$$COCl_2 + CH_3OH = Cl \cdot COOCH_3 + HCl.$$

Die unvollständig chlorierten Ester $Cl \cdot COOCH_2Cl$ und $Cl \cdot COOCHCl_2$ sind im Weltkriege nur vorübergehend unter dem Namen K-Stoff verwendet worden. Sie wurden bald zugunsten des vollständig durchchlorierten Perchlorameisensäuremethylesters $Cl \cdot COOCCl_3$ oder des Perstoffes verlassen, dessen Wirkung die der unvollständig chlorierten Ester übertraf und ebenso groß wie die des reinen Phosgens ist. Indessen läßt sich der Perstoff leichter handhaben, da sein Siedepunkt 128° erheblich höher liegt als der des allzu leicht flüchtigen Phosgens. Der Perstoff ist der typische Grünkreuz-Kampfstoff des deutschen Heeres gewesen und hat sich sehr gut bewährt. Man erhält den Perstoff, indem man in den aus Phosgen und Methylalkohol gewonnenen Chlorameisensäuremethylester Chlor einleitet und die Reaktion durch energische Bestrahlung unterstützt. Der reine, durch mehrfache fraktionierte Destillation gewonnene perchlorierte Ester $Cl \cdot COOCCl_3$ ist eine farblose Flüssigkeit von eigentümlichem Geruch, reizt weniger zu Tränen als die beiden chlorärmeren Ester, wirkt aber erheblich erstickender auf die Atmungsorgane und ist merklich giftiger als diese. Der Perstoff zerfällt leicht in Phosgen, weshalb er von den Engländern auch Diphosgen genannt wird:

$$Cl \cdot COOCCl_3 = 2COCl_2.$$

Falls dieser Zerfall auch nach dem Einatmen des Perstoffes in der Lunge eintreten sollte, dann wäre die Giftigkeit des Perstoffes auf die des Phosgens zurückgeführt, und tatsächlich stimmen die Vergiftungserscheinungen durch beide Kampfstoffe weitgehend überein. Bei geringen Perstoffkonzentrationen machen sich nach dem Einatmen zuerst keine Beschwerden bemerkbar, bis dann plötzlich Anzeichen einer schon weit vorgeschrittenen Vergiftung auftreten. Ebenso wie bei der Phosgenvergiftung liegt eine örtliche Einwirkung auf die Lungenwände vor. Die Lunge läuft allmählich mit Blutplasma voll und es kommt schließlich zur Erstickung. Herz und Blutkreislauf sind zu Beginn der Phosgen- und der Perstoffvergiftung kaum in Mitleidenschaft gezogen; später machen sich die Erstickung, die Erhöhung der Blutviskosität und das Auftreten eines Strömungshindernisses in den Lungen geltend und führen zur Herzschwäche. Schließlich erfolgt der Tod durch Ersticken oder es erfolgt Heilung durch Rückgang aller dieser Erscheinungen mit Wiederaufsaugung des Lungenödems. Von größter Bedeutung ist bei Phosgen- und Perstofferkrankten möglichste Muskelruhe zur Einschränkung des Atembedürfnisses.

Ebenso wie das Phosgen gehört auch der Perstoff zu den gefährlichsten Kampfstoffen, die wir bisher kennen. Seine Tödlichkeitszahl ist fast ebenso groß wie die des Phosgen. Wegen seiner geringeren Flüchtigkeit aber ist der Perstoff viel geeigneter zum Füllen von Granaten, während sich das leichtflüchtige Phosgen besser zum Abblasen, vor allem im Gemisch mit Chlor, und zu Gaswerferüberfällen eignet. Wegen des geringeren Dampfdruckes und wegen der damit verbundenen geringeren Flüchtigkeit muß der Perstoff im Gegensatz zum freiwillig verdampfenden Phosgen zwangsläufig vernebelt und verstäubt werden. Der verstäubte und vernebelte Ester bildet dann eine kaum sichtbare und nur schwach riechende Wolke höchster Giftigkeit. Die Gefährlichkeit des Perstoffes wird noch dadurch gesteigert, daß er nicht, wie das Phosgen, sofort restlos vergast, sondern nach dem Versprühen noch längere Zeit im Gelände Dämpfe entwickelt. Während man ein Gelände, das mit Phosgen vergast ist, schon nach kurzer Zeit betreten kann, müssen nach einem Beschuß mit Perstoff erst einige Stunden vergehen, bevor die Luft soweit gereinigt ist, weil der getränkte Erdboden immer neue Perstoffdämpfe abgibt, die trotz ihrer geringen Menge ausreichen können, um Vergiftungen hervorzurufen. Indessen wird der Perstoff ebenso wie das Phosgen sehr rasch durch Wasser zersetzt:

$$Cl \cdot COOCCl_3 + 2H_2O = 2CO_2 + 4HCl.$$

Diese Zersetzungsprodukte sind unschädlich. Infolgedessen ist auch eine Vergiftung von Nahrungsmitteln und Getränken usw. durch perstoffhaltige Luft nicht zu befürchten. Es wird vielleicht der Geschmack etwas beeinträchtigt, aber gesundheitliche Schädigungen sind nicht zu erwarten.

Bei Luftangriffen kann der Perstoff noch besser als das Phosgen verwendet werden, da er sich wegen seines hochliegenden Siedepunktes beinahe wie Wasser behandeln und ohne Schwierigkeit in Geschoßhülsen, in Bomben usw. einfüllen läßt. Allerdings muß die Bombe eine genügende Menge Sprengstoff enthalten, damit der Perstoff nach dem Auftreffen der Luftbombe auch genügend vernebelt wird und eine genügend große Wolke bildet. Das Nachgasen des getränkten Erdbodens und der Perstoffpfützen kann durch Wasser rasch und vollständig verhindert werden. Die Kampfstoffwolke selbst ist ebenfalls sehr feuchtigkeitsempfindlich und kann durch einen Sprühregen beseitigt werden. Zum Abregnen aus größeren Höhen eignet sich der Perstoff nicht.

Die Gasschutzmaske bietet dagegen vollkommenen Schutz. Behelfsmittel sind nasse Tücher, feuchte Schwämme usw. vor Mund und Nase oder um den Kopf.

Unter der Einwirkung von Wasser spaltet der Perstoff etwas Salzsäure ab und wirkt dann auf Eisen und andere unedle Metalle oberflächlich angreifend ein, wogegen Einfetten hilft.

Auf Pflanzen wirkt der Perstoff ebenso wie das Phosgen insofern zerstörend ein, als sie die grünen Blätter verlieren. Die Wurzeln aber werden nicht angegriffen, so daß die Blätter bald wieder neu treiben.

Die mit Perstoff gefüllten Artilleriegeschosse waren von deutscher Seite mit einem grünen Kreuz versehen worden, von dem her sich die Bezeichnung Grünkreuzkampfstoff für schnellwirkende, aber nicht lange vorhaltende Kampfstoffe herleitet.

3. Chlorpikrin, $CCl_3 \cdot NO_2$

Auch dieser Kampfstoff wurde im letzten Kriege in sehr großen Mengen verbraucht, denn er hat neben seinen starken Wirkungen den großen Vorteil, daß er sich leicht herstellen und gut handhaben läßt. Er wurde schon im Jahre 1848 von dem Engländer Stenhouse aufgefunden, und sein stechender Geruch sowie seine heftig reizende Wirkung auf Augen und Atmungsorgane fielen schon damals auf. Man gewinnt ihn sehr leicht, wenn man Chlorkalkbrei auf Pikrinsäure einwirken läßt und das Reaktionsprodukt mit Wasserdampf abbläst. Das so erhaltene Chlorpikrin $CCl_3 \cdot NO_2$ ist eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit, die bei -69^0 erstarrt und bei $+113^0$ siedet. In Wasser ist diese Verbindung fast unlöslich und sie wird dadurch auch nicht zersetzt. Hier liegt also einer der wenigen gegen Wasser beständigen Kampfstoffe vor. Eisen wird von Chlorpikrin angegriffen, so daß die Füllung in Luftbomben mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist. Der Dampfdruck des Chlorpikrins ist schon bei gewöhnlicher Temperatur nicht unbeträchtlich; es ist demnach ziemlich flüchtig und entwickelt einen äußerst heftig reizenden Dampf. Sein Geruch ist charakteristisch, aber schwach. Am

empfindlichsten wirkt das Chlorpikrin beim Menschen auf die Hornhaut des Auges. Nach amerikanischen Messungen schließen sich die Augen des Menschen in einer Atmosphäre, die nur 2—25 Teile Chlorpikrin auf eine Million Teile Luft enthält, schon nach 3—30 Sekunden. Bei 19 mg Chlorpikrin im Kubikmeter Luft beginnen die Augen zu tränen, die Unerträglichkeitsgrenze liegt bei 50 mg im Kubikmeter Luft. Neben seinen stark reizenden Eigenschaften besitzt das Chlorpikrin auch hohe Giftigkeit. Ein Aufenthalt von einer Minute in einer Atmosphäre, die 2 g Chlorpikrin im Kubikmeter Luft enthält, führt rasch zum Tode. Wegen dieser großen Giftigkeit spielt das Chlorpikrin auch in der Schädlingsbekämpfung eine gewisse Rolle.

Die Chlorpikrinvergiftung mit kleinen Konzentrationen stimmt weitgehend mit der durch kleine Phosgenmengen überein. Es wird die Lungenwand angegriffen, so daß sich ein Lungenödem bildet. Daneben aber tritt heftiges Erbrechen, Übelkeit und Ohnmacht ein.

Im Weltkriege wurde das Chlorpikrin als Zusatz zum Chlor beim Blasverfahren verwendet, um die Wirkung der Chlorwolken zu steigern; auch Phosgen hatte dazu gedient. In sehr großen Mengen wurde es, meistens mit Perstoff und anderen Kampfstoffen gemischt, zur Füllung von Granaten und Minen benutzt. Seine technischen und physiologischen Eigenschaften lassen es durchaus geeignet erscheinen, auch bei Luftangriffen als Kampfmittel zu dienen, jedoch nicht zum Abregnen, sondern zur Füllung von Luftbomben. Dem Phosgen und Perstoff gegenüber hat es den Vorzug, durch Wasser nicht zersetzt und unschädlich gemacht zu werden, so daß es längere Zeit aus dem getränkten Erdboden nachgasen kann. Durch reichliches Übergießen mit Wasser kann es indessen in den Boden hineingeschwemmt werden, so daß es dann unwirksam wird. Die sehr reizende Chlorpikrinwolke wird zwar durch Feuchtigkeit und Wasser nicht zersetzt, jedoch wird der Kampfstoff durch Regen, durch Nebel, durch künstlichen Sprühregen herausgespült und beseitigt. Wasser ist auch bei wasserunempfindlichen Kampfstoffen ein gutes Abwehrmittel. Zur Reinigung von Luft, die in Wohnräume eingedrungen und durch Chlorpikrin verunreinigt ist, wird das Versprühen einer Lösung von 240 g Schwefelleber und 140 ccm Seifenlösung auf 10 l Wasser empfohlen; scharfer Durchzug ist auch hier von bester und schnellster Wirkung. Die Gasschutzmasken absorbieren das vergaste Chlorpikrin vollständig und in großen Mengen, so daß der Atemschutz auch hier volle Sicherheit bietet.

4. Dichlordiäthylsulfid, $(ClCH_2CH_2)_2S$

Während die bisher besprochenen Kampfstoffe auf Augen, Nase und Lunge einwirken und durch die Gasschutzmaske abgehalten werden können, liegt im Dichlordiäthylsulfid eine Verbindung vor, die auch

und vor allem auf die Haut einwirkt und den Betroffenen durch schwere Verbrennungen kampfunfähig macht. Dieser sehr gefährliche und merkwürdige Kampfstoff ist bereits von Despretz im Jahre 1822 gefunden worden und im Jahre 1860 von dem deutschen Chemiker Niemann wieder entdeckt, der ihn durch Einleiten von Äthylen in Schwefelchlorür erhielt:

$$2\,CH_2CH_2 + S_2Cl_2 = (ClCH_2CH_2)_2S + S.$$

Die technische Schwierigkeit liegt in der Beseitigung des reichlich abgeschiedenen Schwefels, der sich leicht zusammenballt und zu Verstopfungen usw. Veranlassung gibt. Von deutscher Seite wurde dieser Kampfstoff während des Krieges auf einem scheinbar umständlicheren Wege gewonnen, der aber zu einem sehr reinen und besser brauchbaren Produkte führte. Äthylen wurde mit unterchloriger Säure zu Äthylenchlorhydrin $ClCH_2CH_2OH$ zusammengelagert, das mit Natriumsulfid das Thiodiglykol $(HOCH_2CH_2)_2S$ lieferte. Dieses Thiodiglykol setzte man dann in einfacher Weise mit Salzsäure zum Dichlordiäthylsulfid um:

$$CH_2{:}CH_2 + HOCl = ClCH_2CH_2OH,$$
$$2\,ClCH_2CH_2OH + Na_2S = (HOCH_2CH_2)_2S + 2\,NaCl,$$
$$(HOCH_2CH_2)_2S + 2\,HCl = (ClCH_2CH_2)_2S + 2\,H_2O.$$

Das Zwischenprodukt Thiodiglykol oder Oxol ist eine harmlose Verbindung, die sich lange aufbewahren läßt und dann mit wenig Mühe in das gefährliche Dichlordiäthylsulfid umgewandelt werden kann.

Das reine Dichlordiäthylsulfid ist ein farbloses Öl, das bei $+13{,}4^\circ$ erstarrt und bei $+217^\circ$ siedet. Im reinen Zustande ist es fast geruchlos. Das gewöhnliche Handelsprodukt riecht jedoch deutlich nach Meerrettich oder nach Senf und wird deshalb von den Engländern auch Senfgas genannt. Die Franzosen nannten es Yperit, weil es im Jahre 1917 von dem deutschen Heere bei Ypern zum ersten Male verwendet worden ist. Der deutsche Deckname war Lost, weil sich die beiden deutschen Chemiker Lommel und Steinkopf während des Weltkrieges um die technische Herstellung verdient gemacht hatten. Der Geruch des Losts ist in keiner Weise reizend, aber so charakteristisch, daß er ein deutliches Warnungszeichen ist. Mit Wasser ist das Dichlordiäthylsulfid kaum mischbar und darin auch sehr wenig löslich, während es in Ölen, in Äther, Alkohol, Benzol, in Fetten leicht löslich ist. Mit Wasser setzt es sich langsam um, und zwar werden durch flüssiges Wasser bei Zimmertemperatur nach 2 Stunden gegen 22%, nach 24 Stunden gegen 60% in harmlose Produkte umgesetzt. Die Zersetzung durch die Feuchtigkeit der Luft, durch Nebel und Tau ist nur sehr gering. Kochendes Wasser zersetzt erheblich schneller, so daß man verseuchte Kleider durch mehrstündiges Kochen in Wasser oder noch besser in Soda- oder Seifenlösung wieder reinigen kann. Durch starke Oxydationsmittel wie Chlorkalk, Kalium- oder Kalziumpermanganat, durch Chloramin, Perhydrol wird es leicht zu unschädlichen Sulfoxyden und Sulfonen oxydiert. Die Oxydation verläuft häufig unter Flammenerscheinung, so daß dann wegen der entweichenden Dämpfe Vorsicht geboten ist. Man arbeitet deshalb mit Chlorkalkbrei oder Chloramin oder mit wässerigen Lösungen dieser Stoffe.

Die Flüchtigkeit des Dichlordiäthylsulfids ist nur gering, so daß sich bei 18° nur 525 mg im Kubikmeter Luft aufzulösen vermögen, bei 20,5° nur 652 mg. Diese Flüchtigkeit ist so gering, daß die verdampften Mengen bei gewöhnlicher Temperatur erst nach längerer Zeit ausreichen, um den Organismus zu schädigen. Nur die flüssige Masse in unmittelbarer Berührung mit der Haut wirkt rasch blasenziehend. Dringt das Dichlordiäthylsulfid infolge seiner Vernebelung in die Augen oder Atmungsorgane ein, so ist die Wirkung dieses Nebels ebenso stark wie die der Flüssigkeit.

Um diesen Kampfstoff, der schon bei gelinder Kälte fest wird, auch im Winter gebrauchen zu können, wird sein Erstarrungspunkt durch Zusätze von anderen Kampfstoffen erniedrigt. Durch Zusatz von 30% Chlorpikrin kann man den Gefrierpunkt bis auf 2,6° herunterdrücken.

Das Dichlordiäthylsulfid ist ein ungemein schweres Zellgift, das nicht nur die Epithelzellen, sondern auch die Kapillaren, die roten Blutkörperchen und auch den Stoffwechsel selbst zu schädigen vermag. Es tritt ein Absterben der Zellen ein, das nicht mehr rückgängig zu machen ist. Diese rein örtliche Wirkung macht sich in erster Linie auf der Haut, an den Atmungswegen und an den Augen bemerkbar. Die Schädigung der Kapillaren zeigt sich in ihrer Erweiterung und Durchlässigkeit, durch die auch eine auffallende Hautrötung bedingt ist. Das aus den erweiterten Kapillaren austretende Exsudat läßt die Gewebe anschwellen und es entstehen auf der Haut Blasen, die an Verbrennungsblasen erinnern. Die so entzündeten Gewebe stellen einen guten Nährboden für Krankheitserreger aller Art dar. Infolgedessen kommt es auf dem Boden der lokalen Schädigungen leicht zur Infektion, die schwer übersehbare Komplikationen schaffen kann. Beim Auftragen von flüssigem Dichlordiäthylsulfid auf die Haut tritt nach kaum einer Stunde deutliche Rötung ein und die Haut wird heiß. Nach einigen Stunden ist dann bereits Blasenbildung eingetreten. Die Heilung derartiger zerfallender Gewebe erfordert Wochen und Monate. Kommt das Dichlordiäthylsulfid in Form einer Nebelwolke in die Augen, so beginnen sie nach einigen Stunden zu brennen, zu schmerzen und zu tränen. Es tritt Anschwellung der Augenlider ein, die von Eiterung begleitet ist und das Sehen für Tage und Wochen unmöglich macht. Nach dem Einatmen der Wolke tritt Heiserkeit ein, von Schluckbeschwerden begleitet. Dazu wird schleimiger Eiter ausgeworfen. Ferner kann durch Infektion Lungenentzündung eintreten. Auch hier dauert der Heilungsprozeß

sehr lange. Die Anzahl der Todesfälle durch Dichlordiäthylsulfid ist jedoch sehr gering.

Sehr gefährlich wird dieser Kampfstoff dadurch, daß er sich leicht und unbemerkt verschleppen läßt. Er besitzt ölartigen Charakter und saugt sich rasch in Kleiderstoffe usw. ein. Hier diffundiert er immer weiter bis auf die Haut und führt so dauernd neue Erkrankungen herbei. Kleidungsstücke, die mit Dichloräthylsulfid an irgendeiner Stelle getränkt sind, bilden eine schwere Gefahr für jeden damit in Berührung kommenden Menschen. Selbst Leder, Gummi und Kautschuk bieten keinen dauernden Schutz gegen diesen tückischen Kampfstoff. Das Problem des lostsicheren Anzuges ist heute jedoch schon weitgehend gelöst (vgl. S. 157).

Wegen seiner Schwerflüchtigkeit wird das Dichlordiäthylsulfid bei Luftangriffen sicherlich mit Vorliebe für Störungen von längerer Dauer verwendet werden. Zum Abregnen kann es nur dann gebraucht werden, wenn das Flugzeug sehr niedrig fliegt. Es wird also bei diesem Stoffe über Großstädten vor allem der Abwurf in Form von Gasbomben in Erscheinung treten. Die Kampfstoffwolke, die nach dem Auftreffen der Bombe infolge der Explosion entsteht, ist nur in den ersten Minuten gefährlich, weil der Lostnebel sich dann bald niederschlägt. Die bei der Explosion umhergespritzten Dichlordiäthylsulfidmengen jedoch sind mit größter Vorsicht zu behandeln. Der Verkehr muß gesperrt werden, bis der umherliegende Kampfstoff durch Chlorkalk und sehr viel Wasser beseitigt worden ist. Gegen die Lostwolke schützt die Gasschutzmaske und im Notfalle ein feuchtes Tuch, das um den Kopf gewickelt wird und als Atemschutz dient.

Nahrungsmittel, die mit Dichlordiäthylsulfid in Berührung gekommen sind, müssen vernichtet werden, da dieser Kampfstoff durch Feuchtigkeit nicht in absehbarer Zeit vernichtet und unschädlich gemacht wird. Er würde als schweres Magengift wirken.

Das Dichlordiäthylsulfid ist derjenige chemische Kampfstoff, der auch bei Luftangriffen am meisten zu fürchten ist.

Die bisher besprochenen chemischen Kampfstoffe haben eine längere Schädigung des Organismus zur Folge und können auch zum Tode führen. Ihre Anwendung bei Luftangriffen ist nicht unwahrscheinlich, wenngleich der Erfolg zweifelhaft sein wird. Daneben können auch einige kurzwirkende Kampfstoffe zur Verwendung kommen, die mehr geeignet sind, vorübergehende Unruhe in der Bevölkerung ohne weitere Schädigung zu erzeugen. Hierher gehören folgende Kampfstoffe.

5. Chlorazetophenon, $ClCH_2 \cdot CO \cdot C_6H_5$

Dieser Stoff ist bereits im Jahre 1869 von dem deutschen Chemiker Graebe aufgefunden worden. Auch er hatte bereits erkannt, daß seine

Dämpfe sehr heftig auf die Augen einwirken. Indessen ist diese Verbindung erst nach dem Kriege von amerikanischer Seite als Kampfstoff vorgeschlagen worden.

Das Chlorazetophenon bildet sich bei der Einwirkung von Chlor auf geschmolzenes oder gelöstes Azetophenon. Durch Umkristallisieren aus Alkohol erhält man farblose Kristalle, die zwischen 58° und 59° schmelzen und bei 245° sieden. Es kann unzersetzt überdestilliert werden, ein Zeichen, daß es gegen Hitze recht widerstandsfähig ist. In Wasser ist dieser Stoff unlöslich und wird dadurch nicht vernichtet. Die tränenerregende Wirkung des Chlorazetophenons ist außerordentlich. Nach amerikanischen Angaben genügen 0,3 mg im Kubikmeter Luft, um das Auge zum Tränen zu bringen. Die Giftwirkung scheint nicht erheblich zu sein. Sein Dampfdruck auch bei höheren Temperaturen ist so gering, daß man damit gefahrlos hantieren kann. Die Reizwirkung des Chlorazetophenons geht rasch vorüber und hinterläßt keine Schädigungen. Er eignet sich also auch gut für polizeiliche Zwecke.

Dieser Reizstoff muß verstäubt oder verschwelt werden, um eine wirksame Wolke zu erzeugen. Wenn er in einer Luftbombe abgeworfen werden soll, muß diese im Inneren des Reizstoffes eine Sprengladung von erheblicher Ausdehnung tragen, damit das Chlorazetophenon auch möglichst weitgehend verstäubt wird. Indessen schlägt sich die so entstehende Wolke bald nieder und wird wirkungslos. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß der angreifende Flieger eine größere Anzahl von Schweltöpfen abwirft, aus denen sich unter dem Einflusse der Hitze gasförmiges Chlorazetophenon entwickelt, das sich dann in der kalten Luft sofort wieder zu einem sehr feinen Staube von höchster Reizkraft kondensiert. Von diesem Verfahren bis zur Erzeugung von Reiznebeln ist nur noch ein Schritt. Und tatsächlich kann man das Chlorazetophenon wegen seiner großen Hitzebeständigkeit den verschiedensten Nebelmischungen beimischen, bei denen höhere Temperaturen erzeugt werden. Vor allem eignen sich die Zinknebelmischungen gut für diese Zwecke. Es ist durchaus möglich, daß mehrere Flugzeuge einige tausend derartige Reizkerzen oder Reiznebelkerzen über eine Stadt ausstreuen und eine ziemlich große Reizwolke herstellen. Indessen ist die Wirkung dieser Reizwolke doch nur unerheblich und rasch vorübergehend. Jede dicht anschließende Brille, vorgehaltene Tücher usw. schützen. In geschlossene Wohnräume dringt die Wolke kaum hinein. Die Gasmaske bietet vollständigen Schutz.

6. Brombenzylzyanid, $C_6H_5 \cdot CHBr(CN)$

Auf diese chemische Verbindung, die erst nach dem Kriege als Kampfstoff vorgeschlagen worden ist, obwohl sie schon seit dem Jahre 1881 bekannt ist, wurde vor allem von amerikanischer Seite allerlei hoff-

nungsvolle Erwartung gesetzt, denn es sollte in ihr der von allen bisher bekannten am heftigsten wirkende Reizstoff vorliegen. Indessen besitzt er verschiedene nachteilige Eigenschaften, so daß er z. B. das von deutscher Seite ursprünglich verwendete Xylylbromid an Wirksamkeit kaum übertrifft.

Die Darstellung dieser Verbindung geht vom Benzylchlorid aus, das ebenfalls als tränenerregender Kampfstoff Verwendung gefunden hat. Man kocht dieses in alkoholischer Lösung mit Kaliumzyanid, wodurch man Benzylzyanid erhält.

$$C_6H_5 \cdot CH_2Cl + KCN = C_6H_5 \cdot CH_2(CN) + KCl.$$

Das wasserhelle, bei 225° siedende Benzylzyanid ist eine ölige, völlig harmlose, nicht unangenehm riechende Flüssigkeit, die nun im Lichte der Sonne oder unter dem Einflusse von ultravioletten und anderen energiereichen Strahlen mit einem Gemische von Luft und Brom behandelt wird, wodurch die Bromierung nach der Gleichung stattfindet:

$$C_6H_5 \cdot CH_2(CN) + Br_2 = C_6H_5 \cdot CHBr(CN) + HBr.$$

Das so entstandene α-Brombenzylzyanid ist eine ziemlich empfindliche Substanz, die nicht ohne merkliche Zersetzung bei 225° destilliert werden kann und schon bei 150° etwas zerfällt. Wegen dieser thermischen Unbeständigkeit kann sie nicht, wie z. B. das Chlorazetophenon, verschwelt werden, und auch beim Vernebeln mittels Explosivstoffe wird ein erheblicher Teil zerstört. Im reinen Zustande bildet das Brombenzylzyanid gelblichweiße Kristalle, die bei 29° schmelzen. Indessen ist die völlige Reinigung nicht leicht durchzuführen, und daher bildet das Handelsprodukt meistens eine ölige, schwere, dunkelbraune Flüssigkeit. Durch Wasser wird dieser Reizstoff kaum, durch Natronlauge nur langsam, aber allmählich vollständig zersetzt. Hingegen vernichtet eine alkoholische Natriumhydroxydlösung diesen Kampfstoff bereits in der Kälte rasch, in der Hitze aber fast augenblicklich. Die praktische Verwendung hat insofern Schwierigkeiten, als es sich nur gegen wenige Materialien widerstandfähig erweist. Es greift z. B. Eisen merklich an. Man kann es daher nicht unmittelbar in Eisenbomben gießen, sondern muß es vorher in Glas-, Porzellan- oder Emaillegefäße abfüllen und so in die Luftbomben usw. einlassen.

Nach amerikanischen Angaben soll die Reizwirkung dieses Kampfstoffes auf die Augen die fast aller andereren Stoffe übertreffen und ebenso groß sein wie die des Chlorazetophenons. Bereits 0,1 mg Brombenzylzyanid im Kubikmeter Luft sind als deutlich aromatischer Geruch wahrzunehmen; bei 0,3 mg beginnt der Augenreiz; bei 6,0 mg tritt nach wenigen Sekunden neben dem Augenreiz Tränenabsonderung, Nasenreiz und Rachenreiz mit schwacher Speichelabsonderung ein; bei 30,0 mg ist der Augen- und Nasenreiz so groß, daß die Wirkung unerträglich ist; hier kommt auch noch eine Reizwirkung der unbedeckten Haut

zur Geltung, die aber bald ohne dauernde Schädigung vorübergeht. Die Giftigkeit des Brombenzylzyanids ist nicht groß und soll der des Chlors entsprechen, wird also von der Reizwirkung bei weitem übertroffen.

Da das Brombenzylzyanid in der Kälte wenig flüchtig und gegen kaltes Wasser ziemlich widerstandsfähig ist, da andererseits zum Hervorbringen des Augenreizes nur sehr geringe Mengen notwendig sind, so kann es seine Reizwirkung unter geeigneten Umständen sehr lange im Gelände ausüben. Nach amerikanischen Mitteilungen werden die Augen noch 30 Tage nach dem Verschießen oder Verstäuben dieses Kampfstoffes im Gelände zu Tränen gereizt. Gegenüber dem Chlorazetophenon besitzt es also eine größere Dauerwirkung, die im heißen Sommer allerdings infolge des gesteigerten Dampfdruckes bald vorübergeht. Es dürfte sich daher für kältere, trockene Jahreszeiten eignen.

Die Verwendung aus dem Flugzeuge ist wahrscheinlich nur in beschränktem Umfange möglich, da es nicht hitze- und explosionsbeständig genug ist. Die Wirkung erstreckt sich nur auf die Augen und ist rasch vorübergehend. Viel Wasser spült den Kampfstoff leicht fort; in geschlossenen Räumen ist Aufwischen mit heißer Soda- oder Seifenlösung zu empfehlen. Die Gasschutzmaske, gut anschließende Schutzbrillen verhindern die Einwirkung auf die Augen leicht.

7. Diphenylarsinchlorid, $(C_6H_5)_2AsCl$

Hier liegt ein Kampfstoff von ganz besonderer Eigenart vor, der im Gegensatz zu den Kampfstoffen der ersten Periode des Weltkrieges die merkwürdige Besonderheit hatte, durch die früheren gegnerischen Gasmasken hindurchzudringen, sie zu durchbrechen. Im Gegensatz zum Chlor, Phosgen, Perstoff, Chlorpikrin usw., die als echte Gase in der Luft enthalten sind und sich daher von aktiver Kohle, von den Chemikalien in den Schutzvorrichtungen usw. leicht und rasch festhalten und absorbieren lassen, kann das Diphenylarsinchlorid infolge seines sehr hohen Siedepunktes nicht genügend vergast werden. Es wird daher als feinster Staub und Nebel in der Luft verteilt, geht wie alle Schwebstoffe durch absorbierende Mittel hindurch und kann nur durch dichte Filter aus der hindurchstreichenden Luft beseitigt werden. Der deutsche Atemeinsatz, der ursprünglich nur für die Absorption von vergasten Kampfstoffen eingerichtet war, wurde deshalb zur Entfernung der Schwebstoffe mit einem Deckel aus Zellstoff usw. versehen, der als Schnappdeckel aufgesetzt werden mußte. Heute werden diese Schwebstoffilter in den Atemeinsatz mit eingebaut. Kampfstoffe, welche als Schwebstoffe zur Anwendung gelangten und die alten feindlichen Schutzmasken durchschlugen, wurden als Maskenbrecher bezeichnet und durch ein blaues Kreuz kenntlich gemacht. Der Typus dieser Blaukreuzkampfstoffe ist das Diphenylarsinchlorid, das unter dem Decknamen Clark I, abgekürzt aus Chlorarsinkampfstoff, von deutscher Seite mit großem Erfolge benutzt worden ist.

Die Darstellung des Diphenylarsinchlorids, das schon im Jahre 1881 von den deutschen Chemikern Michaelis und La Coste entdeckt worden ist, erfolgt auf sehr umständlichen und verwickelten Wegen. Im Laboratorium erhält man es durch Kochen von Benzol mit Arsentrichlorid in Gegenwart von Aluminiumchlorid, allerdings zusammen mit mehreren anderen Arsenverbindungen:

$$2C_6H_6 + AsCl_3 = (C_6H_5)_2AsCl + 2HCl.$$

Bei der technischen Darstellung im großen ging man auf deutscher Seite vom Anilin aus, das zum Diazoniumchlorid umgewandelt und mit Natriumarsenit in phenylarsinsaures Natrium $C_6H_5 \cdot AsO(ONa)_2$ übergeführt wurde. Die freie Phenylarsinsäure wurde dann mit schwefliger Säure zum Phenylarsinoxydhydrat $C_6H_5 \cdot As(OH)_2$ reduziert, das durch Behandeln mit Diazobenzolchlorid in Diphenylarsinsäure übergeführt wurde $(C_6H_5)_2AsO(OH)$. Die freie Diphenylarsinsäure schließlich wurde wiederum mit schwefliger Säure reduziert, wobei das Bisdiphenylarsinoxyd $[(C_6H_5)_2As]_2O$ entsteht, das mit Salzsäure dann das gewünschte Diphenylarsinchlorid $(C_6H_5)_2 \cdot AsCl$ liefert. Gegen Schluß des Weltkrieges lieferte die deutsche chemische Industrie monatlich ungefähr 600 t dieses wichtigen Kampfstoffes. Von der gegnerischen Seite wurde es aus Mangel am Material nicht verwendet.

Das reine Diphenylarsinchlorid ist bei Zimmertemperatur eine farblose, kristallinische Verbindung, die bei 44—45° schmilzt und bei 333° siedet. Indessen kann dieser Stoff nicht ohne Zersetzung destilliert werden. Er ist in Phosgen, Chlorpikrin, Tetrachlorkohlenstoff und den meisten organischen Lösungsmitteln leicht löslich, unter anderen auch in Fetten und Lipoiden. Durch Wasser wird der Kampfstoff rasch zersetzt, was bei seiner Verwendung wohl zu berücksichtigen ist. Seine Flüchtigkeit ist sehr gering und es verdampfen bei 20° nur gegen 0,35 mg im Kubikmeter Luft. Von ausschlaggebender Bedeutung ist seine Eigenschaft, nach dem Verdampfen durch genügende Erhitzung sich beim Abkühlen in der Luft zu festen Teilchen von äußerst geringem Durchmesser zu kondensieren, die längere Zeit wie Nebel oder Rauch in der Luft umherschweben und eine sehr wirksame Kampfstoffwolke bilden. Durch mechanische Verteilung, durch Versprühen oder Verstäuben ist eine derartige Kleinheit der Teilchen nicht zu erreichen; nur die thermische Vernebelung führt zum Ziele[1]).

Diese Dämpfe und Schwebstoffwolken des Diphenylarsinchlorids bewirken eine außerordentlich starke Reizung der Nase, des Rachens und der tieferen Atemwege. Auch die Bindehaut der Augen ist, wenngleich in geringerem Maße als die übrigen Schleimhäute, gegen diesen Kampfstoff sehr empfindlich. Eine ganz besondere und sehr wichtige Eigenschaft ist aber die erhebliche Latenzzeit dieses Stoffes, so daß die Wirkung erst nach einigen Minuten sich bemerkbar macht. Auch nach Entfernung aus der den Kampfstoff enthaltenden Atmosphäre werden die Reizerscheinungen besonders in der Nase und im Rachen immer stärker und steigern sich zu Angstgefühlen, zu Beklemmungserscheinungen und vor allem zum Gefühle der Atemnot, so daß die Schutzmasken abgerissen werden. Diese Reizerscheinungen nach einmaliger kurzer Einatmung erreichen ihren Höhepunkt nach etwa 6—12 Minuten, die Gesamtdauer schwankt von einer halben bis zu zwei Stunden. Alle diese Erscheinungen können trotz beträchtlicher Störung des subjektiven Befindens wieder verschwinden, ohne objektiv feststellbare Schädigungen zu hinterlassen. Auch für die Körperhaut sind die Dämpfe und Nebel des Diphenylarsinchlorids wenig gefährlich und bewirken nur leichte Rötung und Schwellung mit lästigen Empfindungen von Brennen und Spannen. Wir haben es im Diphenylarsinchlorid mit einem ausgesprochenen Reizstoff zu tun, dessen Giftigkeit hinter der Reizwirkung weit zurücksteht.

[1]) Fries und West, Chemical Warfare, New York 1921; Julius Meyer, Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, 3. Aufl., S. 175, Leipzig 1939; U. Müller, Die chemische Waffe, 10. Aufl., S. 95 (1939).

Während sich im Felde das Diphenylarsinchlorid als äußerst wirksam erwiesen hat, dürfte es für Luftangriffe weniger geeignet sein. Ein Abregnen selbst im gelösten Zustande kommt nicht in Frage, da es dabei nicht genügend fein in Schwebstofform verteilt wird und auch wohl kaum die Erde in der Form der notwendig großen Wolke erreicht.

Soll es in Form von Bomben abgeworfen werden, so muß es eine ungewöhnlich große Sprengladung enthalten, die ausreichen muß, durch ihre Explosionshitze den Kampfstoff zu verdampfen, damit er sich wieder zum Schwebstoff kondensieren kann. Dann aber würde voraussichtlich die Sprengwirkung dieser „Gasbrisanzbombe" die Reizwirkung erheblich überwiegen. Ein Nachgasen aus dem Sprengtrichter ist nicht zu befürchten; nur die Kampfstoffwolke selbst ist wirksam. Dagegen schützen die heutigen Hochleistungsfilter der Gasmasken vollständig.

8. Diphenylarsinzyanid, $(C_6H_5)_2As(CN)$

Der Nachteil des sonst sehr wirksamen Diphenylarsinchlorids, durch Wasser bald vernichtet und unwirksam gemacht zu werden, läßt sich beheben, wenn das Chloratom dieses Reizstoffes durch den Zyanrest ersetzt wird. Man bekommt durch einfache Umsetzung des Chlorids mit Natriumzyanid bei 60° diese Verbindung:

$$(C_6H_5)_2AsCl + NaCN = (C_6H_5)_2As(CN) + NaCl.$$

Der Blausäurerest ist außerordentlich fest gebunden, tritt toxikologisch in keiner Weise hervor und ist für die Reizwirkung des Stoffes nicht von Bedeutung. Von ausschlaggebender Wichtigkeit aber ist seine Schwerlöslichkeit in Wasser und die Tatsache, daß er dadurch nicht

zersetzt wird, wie es beim entsprechenden Chlorid der Fall ist. Das Diphenylarsinzyanid ist eine farblose kristallinische Masse, die nach Knoblauch und bittern Mandeln riecht. Sie schmilzt bei ungefähr 35° und siedet gegen 346°. Bei Atmosphärendruck läßt es sich nicht ohne Zersetzung destillieren und geht bei 14 mm Druck bei 192° über. In den meisten organischen Flüssigkeiten löst es sich auf. Die Flüchtigkeit des Zyanids ist noch geringer als die des Chlorids und beträgt bei 20° nur 0,1 mg im Kubikmeter Luft. Damit ist das Diphenylarsinzyanid neben dem Diphenylaminarsinchlorid der am wenigsten flüchtige von allen bekannten chemischen Kampfstoffen und muß zur vollen Entfaltung seiner Wirksamkeit als Schwebstoff verwendet werden. Seine weitgehende Übereinstimmung mit dem Chlorid zeigt sich auch darin, daß es ebenso wie dieses nicht durch Druck, sondern durch Erhitzen und Abschrecken vernebelt werden muß. Auch bei diesem Kampfstoff muß die Sprengladung im Geschoß so bemessen sein, daß derselbe durch die bei der Detonation auftretende plötzliche Temperaturerhöhung vergast wird, um sich dann bei der plötzlichen Abkühlung in der umgebenden Luft als ultramikroskopisch feiner Staub wieder auszuscheiden.

Die Reizwirkung des Diphenylarsinzyanids ist erheblich stärker als die des Chlorids, und seine Unerträglichkeitsgrenze liegt bei 0,25 mg. Die Nachwirkungen treten viel intensiver auf und halten auch länger an. Die Grenze der Wahrnehmbarkeit, die am Geruch gerade noch erkennbar ist, liegt bei 0,005 mg Diphenylarsinzyanid im Kubikmeter Luft. Die Wirkung dieses Kampfstoffes, der unter dem Decknamen Clark II eine wichtige und erfolgreiche Rolle auf deutscher Seite im Weltkriege spielte, macht sich zuerst durch Nasenreiz bemerkbar. Dann folgt Rachenreiz, Atemnot und scheinbarer Luftmangel, dem Kopfdruck, Ohrensausen, Zahn- und Kieferschmerzen folgen. Damit ist auch meistens ein Anreiz zum Niesen verbunden. Unter allen bisher untersuchten Reizstoffen aus der Gruppe der organischen Arsenverbindungen übt das Diphenylarsinzyanid die stärkste Wirkung auf den Menschen aus.

Die militärisch-technische Anwendung des Zyanids entspricht vollständig der des Diphenylarsinchlorids. Seine Verwendung im Luftkrieg dürfte ebenfalls beschränkt sein, weil es sich nicht zum Abregnen und Abstäuben eignet und weil die damit gefüllten Luftbomben eine ungewöhnlich starke Sprengladung enthalten müssen, also den Charakter von Brisanzbomben annehmen.

Nicht ausgeschlossen ist vielleicht die Verwendung der beiden Clarkkampfstoffe aus abgeworfenen Schweltöpfen, in denen der Kampfstoff mit einem Brandsatz gemischt ist, durch dessen Hitze die beiden Arsine allmählich in Form eines Schwebstoffes entwickelt werden und so eine Kampfstoffwolke bilden. Versuche mit einem derartigen Verfahren sind von amerikanischer und dann auch von englischer Seite nach dem Welt-

kriege mit dem folgenden Kampfstoffe angestellt worden. Indessen fehlt noch immer die große Prüfung im kriegerischen Ernstfalle.

9. Diphenylaminarsinchlorid, $HN(C_6H_4)_2AsCl$

Diese Verbindung steht dem Diphenylarsinchlorid nicht nur in bezug auf die Reizwirkung, sondern auch in Beziehung zur chemischen Konstitution sehr nahe. Sie geht aus der ersteren hervor, wenn man die beiden Phenylreste durch einen Imidorest miteinander verknüpft. Nach amerikanischen Angaben soll dieser Kampfstoff im Jahre 1918 zugleich in den Vereinigten Staaten und in England entdeckt worden sein, und nach seinem angeblichen Entdecker Dr. Adams trägt er in den angelsächsischen Ländern auch den Decknamen Adamsit. Indessen ist diese Verbindung schon viel früher in Deutschland bekannt gewesen. Man erhält das Diphenylaminarsinchlorid einfach durch Erhitzen von Diphenylamin mit Arsentrichlorid und Eingießen des Reaktionsproduktes in Alkohol:

$$HN(C_6H_5)_2 + AsCl_3 = HN(C_6H_4)_2AsCl + 2\,HCl.$$

Nach dem Umkristallisieren aus Äther oder Benzol liegt eine kanariengelbe, kristallinische Masse vor, die bei 195° schmilzt und bei 410° nicht ohne Zersetzung siedet. Dieser Kampfstoff hat zwar den Vorteil, daß er sich billiger und bequemer als die beiden Clarkkampfstoffe herstellen läßt, hat jedoch den Nachteil, daß er weniger hitzebeständig als diese ist, sich auch schwerer löst, vor allem in Phosgen, Chlorpikrin usw., so daß sich damit keine geeigneten Kampfstofflösungen herstellen lassen. Ferner greift er Eisen, Bronze usw. korrodierend an. In taktischer Beziehung ist er mit den Clarks identisch und läßt sich durch rasches Erhitzen im Dampf verwandeln, der durch Abschrecken dann eine Schwebstoffwolke bildet. Die physiologischen Wirkungen des Adamsits sind dieselben wie die der beiden anderen Blaukreuzkampfstoffe. Auch hier treten Atembeklemmungen, Reizungen von Nase und Rachen ein, die zum Absetzen der Gasmaske nötigen. Jedoch ist auch hier die Wirkung von nur beschränkter Dauer und hinterläßt keine weiteren ernstlichen Folgen.

Die Amerikaner wollen den Adamsit zur Erzeugung von atembeklemmenden Rauch- und Nebelwolken verwenden. Die Engländer versuchen, den Kampfstoff in besonderen Granaten vor dem Abschuß durch einen Heizkörper auf chemischer Grundlage bis dicht an den Siedepunkt zu erhitzen, so daß nach dem Zerlegen der Geschoßhülse durch eine verhältnismäßig kleine Sprengladung die gewünschte Vergasung und durch dann erfolgende Abschreckung die Bildung der Schwebstoffwolke erzielt wird. Wenn die sicherlich erheblichen technischen Schwierigkeiten dieses Gedankens überwunden sind, wird sich dieses Verfahren auch zur Herstellung von Luftbomben eignen. Eine erheb-

liche Wirksamkeit darf man sich aber bei Luftangriffen davon bisher nicht versprechen.

10. Methylarsindichlorid, $CH_3 \cdot AsCl_2$

Anders ist es mit diesem Kampfstoff, der bereits im Jahre 1858 von A. v. Baeyer entdeckt und gut charakterisiert worden ist: „riecht man an demselben, so schwellen die Augen, die Nase und das ganze Gesicht an, und man empfindet einen ganz eigentümlichen bohrenden und sich bis in den Schlund hinabziehenden Schmerz.“ Die Amerikaner wollten dieses Arsin im Weltkriege verwenden und haben es nach einer besonderen Vorschrift billig dargestellt, indem sie Natriumarsenit durch Behandeln mit Methylsulfat in das Natriumsalz der Methylarsinsäure verwandelten:

$$2As(ONa)_3 + SO_2(OCH_3)_2 = 2CH_3 \cdot AsO(ONa)_2 + Na_2SO_4.$$

Dieses Natriumsalz wurde dann durch Reduktion mit schwefliger Säure in Methylarsinoxyd übergeführt, das sich dann mit starker Salzsäure in das gewünschte Methylarsindichlorid umsetzte:

$$CH_3 \cdot AsO(ONa)_2 + SO_2 = CH_3 \cdot AsO + Na_2SO_4;$$
$$CH_3 \cdot AsO + 2HCl = CH_3 \cdot AsCl_2 + H_2O.$$

Das reine Methylarsindichlorid ist eine farblose, wasserhelle Flüssigkeit, die schon bei 133° siedet. Ihr Dampfdruck beträgt bei 20° 10,83 mm, so daß sich bei dieser Temperatur gegen 75 g im Kubikmeter Luft auflösen. Die Flüchtigkeit ist also recht erheblich. Die Unerträglichkeitsgrenze liegt bei 25 mg im Kubikmeter Luft. Bemerkenswert ist, daß der erste heftige Nasen- und Rachenreiz sich allmählich steigert. Es können Brustkrämpfe, verbunden mit schwerer Atemnot, eintreten, die bis zu 24 Stunden dauern können. Die Nachwirkung ist also recht erheblich. Außerdem hat dieses Arsin noch die Eigenschaft, auf der Haut Blasen zu bilden, die sich jedoch nicht so schlimm auswirken wie die Gelbkreuzverbrennungen.

In Wasser ist das Methylarsindichlorid etwas löslich und wird dadurch allmählich zersetzt, so daß wir im Wasser ein brauchbares Bekämpfungsmittel haben. Noch besser zerstörend wirken alkalische Lösungen von Soda, Seife usw. Nahrungsmittel und Flüssigkeiten, die mit Methylarsindichlorid in Berührung gekommen sind, können nicht mehr verbraucht werden, da sie arsenhaltig geworden und giftig sind.

Wegen seiner großen Flüchtigkeit und wegen seiner mehrfachen Reizwirkung ist das Methylarsindichlorid gut für Luftangriffe brauchbar, allerdings nicht zum Abregnen, sondern zum Abwerfen in Form von Luftbomben mit kleiner Sprengladung. Die entstehende Kampfstoffwolke hat höchste Reizwirkung, wird aber rasch schwächer. Der Sprengtrichter gast kurze Zeit nach. Bei feuchtem Wetter und Boden

kann der Trichter aber nach einigen Stunden wieder ohne Gefahr betreten werden. Wasser ist ein gutes Schutzmittel und erlaubt das Betreten schon nach wenigen Minuten.

11. Äthylarsindichlorid, $C_2H_5 \cdot AsCl_2$

Unter den organischen Arsenverbindungen kennt man noch einige, die als Kampfstoff Verwendung finden können. Das Äthylarsindichlorid hat unter dem Decknamen Dick dem deutschen Heere im Weltkriege gute Dienste geleistet. Es ist dem Methylarsindichlorid sehr ähnlich und kann im Laboratorium aus Arsentrichlorid und Quecksilberäthyl hergestellt werden:

$$2AsCl_3 + Hg(C_2H_5)_2 = 2C_2H_5 \cdot AsCl_2 + HgCl_2.$$

Im Großbetriebe wurde Äthylchlorid auf Natriumarsenit einwirken gelassen, wodurch äthylarsinsaures Natrium entsteht, das mit schwefliger Säure zu Äthylarsinoxyd reduziert wird. Dieses liefert mit Salzsäure dann das gewünschte Äthylarsindichlorid.

$$C_2H_5Cl + As(ONa)_3 = C_2H_5 \cdot AsO(ONa)_2 + NaCl,$$
$$C_2H_5 \cdot AsO(ONa)_2 + SO_2 = C_2H_5 \cdot AsO + Na_2SO_4,$$
$$C_2H_5 \cdot AsO + 2HCl = C_2H_5 \cdot AsCl_2 + H_2O.$$

Äthylarsindichlorid ist eine wasserhelle, ölige Flüssigkeit die bei 156° siedet, also einen etwas höheren Siedepunkt als die oben besprochene Methylverbindung besitzt und daher etwas weniger flüchtig ist. In Wasser ist sie nur wenig löslich, wird aber davon rasch zersetzt. In organischen Flüssigkeiten ist sie gut löslich. Bei 20° verdampfen im Kubikmeter Luft ungefähr 20 g dieser Verbindung. Als Dampf ist das Äthylarsindichlorid gegen Feuchtigkeit infolge der geringen Wasserkonzentration länger beständig. Der Geruch des sehr verdünnten Dicks ist nur schwach und erinnert etwas an Obst, übt aber heftige physiologische Wirkungen aus. Die Unerträglichkeitsgrenze liegt bei 5—10 mg Kampfstoff im Kubikmeter Luft. Die Äthylverbindung wirkt also etwas stärker als die Methylverbindung, die dafür aber etwas flüchtiger ist. Beim Einatmen einer Luft, die 10 mg Äthylsindichlorid im Kubikmeter enthält, stellt sich schon nach einer Minute ein unerträglicher Reiz in Nase, Rachen und auf der Brust ein. Bei noch höheren Konzentrationen kommt es zu Brustkrämpfen und schwerer Atemnot, wie bei allen Blaukreuzkampfstoffen. Es folgen asthmatische Nachwirkungen, wobei die Atemnot wellenförmig verstärkt wird und wieder abnimmt. Diese Nachwirkungen halten bis zu 24 Stunden vor. Bei einer Konzentration von 400 mg/cbm tritt nach wenigen Minuten Einatmen meistens der Tod ein. Eine derartig hohe Konzentration läßt sich jedoch unter feldmäßigen Bedingungen kaum erreichen. Der Dampf des Äthylarsindichlorids wirkt auf die Haut kaum ein. Als Flüssigkeit hingegen ver-

mag sie blasenziehend zu wirken und ist deshalb in der Gruppe III aufgeführt (s. S. 62). 5 mg des Kampfstoffes als Flüssigkeit auf die Haut gebracht rufen nach wenigen Minuten eine Rötung hervor, die nach 4 Stunden in eine mit klarem Serum gefüllte Blase übergeht. Besonders unangenehm ist die Wirkung des Äthylarsindichlorids auf die Fingernägel, indem außerordentlich schmerzhafte Entzündungen des Nagelbettes entstehen. Die Heilung dieser Schäden erfolgt im Gegensatz zum Dichlordiäthylsulfid meist gutartig.

Infolge seiner Flüchtigkeit läßt sich die Äthylarsinverbindung fast ebensogut wie die Methylverbindung bei Luftangriffen verwenden. Nach der Explosion der abgeworfenen Bombe ist sofort eine Kampfstoffwolke von hoher Reizwirkung vorhanden, die nach dem Einatmen auch nur sehr geringer Mengen eine fast eintägige Nachwirkung zur Folge hat. Größere Ausdehnung und längere Lebensdauer besitzen aber derartige Wolken nicht, weil sie zu wasserempfindlich sind und sich rasch zersetzen. Gasschutzmasken, nasse Tücher usw. sind gute Schutzmittel dagegen.

Nachdem im vorhergehenden diejenigen Kampfstoffe geschildert worden sind, die vor allem für Luftangriffe geeignet sind und mit deren Verwendung man in der Zukunft rechnen muß, sollen im folgenden noch einige chemische Verbindungen beschrieben werden, die vielleicht gelegentlich aus Mangel an geeigneterem Material oder auch nur zu Beunruhigung oder aus Überschätzung ihrer Eigenschaften in Erscheinung treten können. Es sind das fast durchweg Kampfstoffe, die bereits im Weltkriege erprobt oder wenigstens versucht worden sind, die sich aber für die besondere Form des Luftangriffs aus irgendwelchen Gründen nicht eignen.

12. Bromazeton, $BrCH_2COCH_3$

Dieser Augenreizstoff ist im Weltkriege und in der Gasmaskentechnik sehr viel gebraucht worden. Man erhält ihn durch Behandeln von Azeton mit freiem Brom. Die frisch destillierte Verbindung ist eine wasserhelle Flüssigkeit, die bei 136° siedet. Beim Aufbewahren tritt bald Verfärbung ein und es bildet sich eine zähe, schwarzbraune Masse, die für Kampfzwecke unbrauchbar geworden ist. Bromazeton läßt sich nicht monatelang lagern. In Wasser ist der Stoff wenig löslich, reichlich dagegen in Alkohol, Azeton, Äther und anderen organischen Flüssigkeiten. Seine Giftwirkung ist unerheblich und wird weit von seiner Reizwirkung auf die Augen übertroffen. Schon 10 mg im Kubikmeter Luft genügen, um den Aufenthalt darin unerträglich zu machen. In reiner Luft verschwinden diese Reizwirkungen, durch welche das Auge zum unwiderstehlichen Schließen und Tränen gebracht wird, jedoch nach kurzer Zeit, ohne eine Schädigung zu hinterlassen. Von Kleidungsstücken, Haaren usw. wird der Bromazetondampf festgehalten, so daß dadurch andere Räume vergast werden können. Die Flüchtigkeit des Stoffes ist groß, so daß sich bei 10° gegen 75 g im Kubikmeter Luft auflösen. Versprühte Bromazetonmengen gasen demnach stark nach, jedoch nur kurze Zeit. Es ist das typische „Tränengas" und findet neben dem Chlorazetophenon häufig Anwendung für polizeiliche Zwecke.

Im Weltkriege wurde das Bromazeton nur in den ersten Jahren verwendet, weil später die Gasmasken dagegen vollständig schützten. Schon gut anliegende Schutzbrillen machen es wirkungslos. Es dient auch heute noch vielfach zur Prüfung der Gasmasken auf dichten Sitz. Bei Luftangriffen könnte es höchstens zur Beunruhigung der Bevölkerung angewendet werden, indem Luftbomben mit kleiner Sprengladung die flüssige oder in Bimsstein aufgesogene Füllung als tränenreizenden Kampfstoff versprühen und vergasen.

Das Bromazeton wurde von deutscher Seite unter dem Namen B-Stoff verwendet. Der Bn-Stoff ist das Brommethyläthylketon $BrCH_2COC_2H_5$ und in seinen Wirkungen dem B-Stoff täuschend ähnlich. Der Bn-Stoff war nur ein Ersatzmittel, das durch die Knappheit an Azeton zur Anwendung kam.

13. Bromessigsäureäthylester, $BrCH_2COOC_2H_5$

Im Bromessigsäureäthylester liegt die erste chemische Verbindung vor, die im Kriege praktische Verwendung als Kampfstoff gefunden hat. Sie ist bereits im Jahre 1912 als Pionierwaffe in das französische Heer eingeführt worden und hat dort sogleich ihre erste erfolgreiche praktische Erprobung bei der Ausräucherung einer Apachenbande gefunden. Dem Chemiker sind die tränenerregenden Eigenschaften dieses Stoffes seit jeher bekannt gewesen.

Man gewinnt diese Verbindung durch Einwirkung von Brom auf Essigsäure und läßt dann die so gebildete Bromessigsäure auf die mehrfache Menge absoluten Äthylalkohols einwirken.

$$CH_3COOH + Br_2 = BrCH_2COOH + HBr,$$
$$BrCH_2COOH + C_2H_5OH = BrCH_2COOC_2H_5 + H_2O.$$

Der so erhaltene Bromessigester ist eine wasserhelle Flüssigkeit, die bei 168° siedet und in sehr verdünntem Zustande angenehm fruchtartig riecht. In Wasser ist er unlöslich, leicht löslich dagegen in organischen Flüssigkeiten. Von Wasser wird er nur langsam, etwas schneller von alkalischen Lösungen angegriffen und zerstört. Er besitzt eine besondere Reizwirkung auf die Augen, und die Unerträglichkeitsgrenze liegt schon bei 40 mg im Kubikmeter Luft. Daneben besitzt er aber auch eine erhebliche Giftigkeit, die an diejenige der Blausäure heranreicht. Im allgemeinen kommt der Mensch aber gar nicht dazu, solche Mengen einzuatmen, die tödliche Wirkung haben könnten, da er durch die furcht-

bare Reizwirkung schon lange vorher gezwungen wird, sich dagegen durch die Flucht, durch Anlegen von Schutzgeräten usw. zu sichern. Die Flüchtigkeit des Stoffes ist ausreichend, um einen geschlossenen Raum allein durch Verdampfung der Flüssigkeit unbetretbar zu machen. Im Freien jedoch muß der Kampfstoff zwangsläufig versprüht werden, damit plötzlich eine genügend starke Wolke entsteht. Der Bromessigester, der im Erdboden versprüht ist, gast einige Zeit nach. Gasmasken und Schutzbrillen bilden einen vollkommenen Schutz; als Behelfsmittel können feuchte Tücher usw. vor den Augen und Nase und Mund dienen.

Ebenso wie der Bromessigester wirkt der Jodessigester, der jedoch weniger haltbar und erheblich kostspieliger ist.

14. Xylylbromid, $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot CH_2Br$

Dieser erste tränenerregende deutsche Kampfstoff wurde im Jahre 1915 gegen die Russen versucht, hatte aber zuerst wegen zu geringer Flüchtigkeit in der Winterkälte keine Wirkung. Bei etwas höherer Temperatur ist er jedoch wegen seiner großen Reizwirkung sehr brauchbar. Man erhält ihn durch Behandeln von Xylol mit Brom unter energischer Lichtbestrahlung als wasserhelle, ölige Flüssigkeit, deren Siedepunkt bei 220° liegt. In Wasser ist die Verbindung unlöslich und wird dadurch auch kaum zersetzt. Sie gehört zu den stärksten Augenreizstoffen und wurde von deutscher Seite unter dem Decknamen T-Stoff zuerst viel gebraucht. Die Unerträglichkeitsgrenze liegt schon bei 15 mg im Kubikmeter Luft. Die Giftigkeit des T-Stoffes ist gering und kaum halb so groß wie die des französischen Bromessigesters. Er hat den Nachteil, daß er Eisen merklich angreift, also nur mit besonderen technischen Vorsichtsmaßregeln verwendet werden kann.

Seine Verwendung als Kampfstoff, besonders im Luftangriff, könnte nur bei warmen Jahreszeiten erwogen werden, und der Erfolg wäre nur eine geringe Beunruhigung der Betroffenen, die aber wohl schnell vorübergehen würde, da man die geringe Wirksamkeit dieser chemischen Verbindung bald erkennt.

15. Blausäure, HCN

Die Blausäure oder der Zyanwasserstoff ist mit Recht wegen ihrer gewaltigen Giftigkeit seit jeher gefürchtet gewesen, hat aber als chemischer Kampfstoff keine erfolgreiche Rolle gespielt. Bedeutungsvoll ist, daß dieser Stoff keine warnende Reizwirkung ausübt, daß seine Giftigkeit also unmittelbar und meistens überraschend zur Wirkung kommt. Die großen Hoffnungen, welche die Franzosen im Weltkriege auf diesen Kampfstoff gesetzt hatten, haben sich in keiner Weise erfüllt.

In der Natur kommt die Blausäure ziemlich häufig in gewissen Pflanzenteilen vor, so in den bitteren Mandeln, in Aprikosen-, Kirsch-

und Pflaumenkernen usw., wo sie in sehr verdünntem Zustande und gebunden an andere organische Stoffe enthalten ist. Die reine flüssige Blausäure gewinnt man durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Natriumzyanid unter bestimmten Versuchsbedingungen. Man erhält so eine leichtbewegliche, wasserhelle Flüssigkeit von betäubendem Geruch, der etwas an bittere Mandeln erinnert. Sie siedet schon bei 26,5° und ist auch im flüssigen Zustande auffallend leicht. Ihren Namen Blausäure hat sie von der ersten Darstellung aus Berliner Blau. Sie ist nicht sehr haltbar und geht bald in schwarze unlösliche und ungiftige Massen über. Diese Zersetzung kann man wohl durch gewisse stabilisierende Zusätze hinausschieben; aber gelegentlich erfolgt die Zersetzung auch explosionsartig, wie denn die Blausäure durch einen Initialzünder in einen heftigen Detonationsstoff umgewandelt werden kann.

Die Blausäure wirkt nicht nur als Atemgift tödlich, sondern auch durch den Magen. In beiden Fällen genügen etwa 0,05 g Zyanwasserstoff, um einen erwachsenen Menschen zu töten. Es treten konvulsivische Zuckungen und Krämpfe, Empfindungslosigkeit, Aufhören der Atmung und der Herztätigkeit ein. Diese Erscheinungen folgen sehr rasch aufeinander und können in wenigen Sekunden zum Tode führen. Schon durch Spuren von Blausäure wird die Sauerstoffversorgung der Zellen gehemmt oder auch ganz unterbunden. Indessen wird die aufgenommene Blausäure zum Teil wieder ausgeatmet, zum Teil aber vom Körper unter Bildung ungiftiger Stoffe vernichtet, so daß man sehr geringe Mengen lange Zeit zuführen kann, ohne daß eine Anhäufung wie bei anderen Atemgiften eintritt. Sehr verdünnte Blausäure in der Luft wirkt daher verhältnismäßig viel weniger giftig als stärkere Konzentrationen, was für die Verwendung als Kampfstoff von großer Bedeutung ist. Bei der Phosgenvergiftung z. B. tritt eine kumulative Wirkung ein, indem sich die Wirkung der aufgenommenen Mengen addiert; bei der Blausäurevergiftung hingegen haben wir es mit einer reversiblen Erscheinung zu tun, indem die kleinsten Mengen sogleich unschädlich gemacht werden und die Giftwirkung daher erst bei bestimmter höherer Konzentration eintritt. Führt man dem menschlichen Körper auf einmal 50 mg Blausäure zu, so tritt mit Sicherheit der Tod ein, während 2 g Blausäure, die dem Magen in Form von gelbem Blutlaugensalz in gleichförmiger Verteilung während 12 Stunden zugeführt werden, gerade noch ohne Schaden vertragen werden. Die Tödlichkeitszahl ist bei stärkeren Blausäurekonzentration in der Luft gleich 1000, bei abnehmender Konzentration sinkt sie aber rasch auf 4000. Die Blausäure wird also an Giftigkeit erheblich vom Phosgen, vom Perstoff, vom Chlorpikrin, vom Bromessigester und ähnlichen Verbindungen übertroffen. In einer Luft, die im Kubikmeter 0,6 oder fast 1 ccm wasserfreier Blausäure enthält, kann sich ein Mensch anderthalb Minuten ohne Schädigung aufhalten. Im Felde ist diese Konzentration, die also zur Vergiftung mindestens

erforderlich ist, von den französischen Blausäuregeschossen höchst selten erreicht worden. Und tatsächlich sind Erkrankungen oder gar Todesfälle durch Blausäure im deutschen Heere kaum jemals festgestellt worden.

Eine Reizwirkung besitzt die Blausäure nicht; sie hat im Gegenteil die merkwürdige Eigenschaft, die Nasennerven rasch gegen den zuerst etwas betäubenden Geruch abzustumpfen, so daß zur Erweckung der gleichen Empfindung dann erheblich stärkere Blausäurekonzentrationen in der Luft angewendet werden müssen. Manche Nasen vermögen Blausäure überhaupt nicht zu riechen; sie sind gegen diesen Geruch vielleicht infolge Überempfindlichkeit taub.

Wegen der großen Giftigkeit und der bequemen Handhabung sowie wegen ihrer leichten Entfernung aus geschlossenen Räumen wird die gasförmige Blausäure heute in großen Mengen zur Schädlingsbekämpfung benutzt[1]). Um das Abstumpfen der Geruchsnerven dabei auszugleichen, setzt man der reizlosen Blausäure als Warnungsmittel einen anderen Reizstoff zu, wie z. B. Bromazeton, Chlorameisensäureester, Zyanameisensäureester usw. Derartige Kombinationen von Blausäure und Reizstoff haben unter dem Namen „Zyklon" große Verbreitung in der Schädlingsbekämpfung gefunden.

Die reine wasserfreie Blausäure ist im Felde mit anderen Stoffen gemischt zur Anwendung gekommen, da sie sich wegen ihres tiefliegenden Siedepunktes schlecht allein in Geschoßhülsen usw. einfüllen und handhaben läßt. Sie wurde daher mit Arsentrichlorid, mit Zinntetrachlorid usw. verschossen. Für Luftangriffe dürfte sich die reine wasserfreie Blausäure ebenfalls wegen ihres niedrigen Siedepunktes nicht eignen; in den Wolken, die bei der Explosion der Blausäureluftbomben entstehen, wird die letale Konzentration nur in den ersten Augenblicken vorhanden sein, sich aber sehr rasch bis zur Unschädlichkeit verdünnen. Ein längeres Nachgasen aus den Sprengtrichtern findet wegen der ungemeinen Flüchtigkeit dieser Verbindung überhaupt nicht statt. Die Gasmasken bieten gegen Zyanwasserstoff völligen Schutz; als Behelf kann man sich wiederum nasser, am besten mit Soda- oder Seifenlösung getränkter Tücher bedienen. Durch Regen, Nebel, Schnee wird die Luft rasch von gasförmiger Blausäure gereinigt. Sehr gut hilft auch das Versprühen von Ammoniaklösung.

16. Chlorzyan, Cl · CN

Mindestens ebenso giftig wie die reine wasserfreie Blausäure, aber daneben noch durch große Reizwirkung ausgezeichnet ist das Chlorzyan, das durch Einwirkung von gasförmigem Chlor auf eine gesättigte Kaliumzyanidlösung in der Kälte gewonnen, dann durch gelindes Erwärmen ausgetrieben und nachher kondensiert wird. Es siedet bei + 15,5°. Seine Flüchtigkeit ist sehr groß, jedoch ist es nicht sehr beständig und verwandelt sich leicht in feste, harmlose Produkte. Chlorzyan besitzt einen furchtbaren, zu Tränen reizenden Geruch; seine Unerträglichkeitsgrenze liegt bei 55 mg im Kubikmeter Luft. Als Kampfstoff für Luftangriffe ist es kaum geeignet.

[1]) G. Peters, Blausäure zur Schädlingsbekämpfung. Stuttgart 1933.

17. Bromzyan, Br · CN

Diese Verbindung, die von den Österreichern im Weltkriege kurze Zeit als Kampfstoff benutzt worden ist, gleicht weitgehend dem Chlorzyan. Sie wird durch Einwirkung von Brom auf konzentrierte Kaliumzyanidlösung hergestellt und bildet eine weiße Masse, die bei 52° schmilzt und schon bei 61° siedet. Sie ist also außerordentlich leicht flüchtig, und bei 20° enthält 1 cbm Luft gegen 200 g Bromzyan. Gleich dem Chlorzyan ist es durch einen furchtbaren Geruch ausgezeichnet, und seine Unerträglichkeitsgrenze liegt bei 60 mg im Kubikmeter Luft. Es ist ungefähr doppelt so giftig wie die wasserfreie, gasförmige Blausäure. Seine Beständigkeit ist indessen nicht sehr groß und es wandelt sich ebenso wie das Chlorzyan und die wasserfreie Blausäure bald in unschädliche Produkte um. Auf Metalle wirkt es stark korrodierend. Man hat es daher vor allem in gelöstem Zustand verwendet, wodurch aber seine Kampfkraft stark herabgesetzt wird. Bei Luftangriffen dürfte es keinen Erfolg haben und höchstens durch seine Reizwirkung zur Beunruhigung der Bevölkerung beitragen.

18. β-Chlorvinylarsindichlorid, $ClCHCH \cdot AsCl_2$

Sehr große Erwartungen haben die Amerikaner an einen Kampfstoff geknüpft, der von deutscher Seite bereits im Kriege zugunsten des Dichlordiäthylsulfids beiseite gelegt worden war, den sie aber in den Vereinigten Staaten noch einmal entdeckten und nach ihrem Bearbeiter Lewis als Lewisit bezeichneten. Diese Verbindung bildet sich neben anderen Arsinen, wenn man Azetylen bei Gegenwart von Aluminiumchlorid in Arsentrichlorid einleitet:

$$C_2H_2 + AsCl_3 = ClCHCH \cdot AsCl_2.$$

Das Chlorvinylarsindichlorid ist ein farbloses Öl, das im Vakuum unzersetzt destilliert werden kann, sich aber bald gelblich und dunkel färbt. Seine Siedetemperatur ist 190°, seine Erstarrungstemperatur — 18°. In Wasser und verdünnten Säuren ist es unlöslich, leicht löslich in organischen Flüssigkeiten. Durch Wasser wird es rasch zersetzt, ebenso durch alkalische Lösungen. Bei der Einwirkung von Alkalien entwickelt es Azetylen. Der Lewisit besitzt einen ungemein charakteristischen Geruch, der an Geranium erinnert. Auf die Schleimhäute der Nase und der Augen wirkt es stark reizend ein und bewirkt angeblich

heftiges Niesen. 48 mg Lewisit im Kubikmeter Luft sollen nach halbstündiger Einatmung tödlich wirken, so daß es ebenso giftig wie Dichlordiäthylsulfid wäre. Besonders bemerkenswert ist seine blasenziehende Wirkung auf die Haut, die ebenfalls an Gelbkreuz erinnert. Ebenso wie bei diesem Kampfstoff ist die Flüchtigkeit sehr gering, so daß es zum längeren Begiften des Geländes dienen könnte. Indessen steht dem seine große Empfindlichkeit gegen Wasser gegenüber. Die weit übertriebenen Angaben von amerikanischer Seite haben diesem Kampfstoff den Namen „Todestau" gegeben.

Für Luftangriffe ist das Chlorvinylarsindichlorid wenig geeignet, da es trotz seiner Schwerflüchtigkeit aus größeren Höhen nicht abgeregnet werden kann. Bei der Verwendung durch Luftbomben entstehen Wolken, in denen sich die geringste Menge Lewisit durch den auffallenden charakteristischen Geruch verrät. Der vernebelte Kampfstoff wird ferner rasch durch Wasser und Feuchtigkeit zersetzt, so daß diese Kampfstoffwolken keine lange Lebensdauer haben und leicht durch Sprühregen vernichtet werden können. Die Pfützen und Spritzer des Lewisits verraten sich schließlich leicht durch ihren Geruch und im Gegensatz zum Lost auch dadurch, daß sie auf der Haut sofort brennende Empfindung hervorrufen, so daß man sich durch einfaches Abwaschen mit Wasser und Soda- oder Seifenlösung schützen kann.

E. Verwendung chemischer Kampfstoffe durch Flugzeuge

1. Allgemeines

Der Eindruck der Wirkungen der chemischen Kampfstoffe auf die Kriegsteilnehmer ist sehr groß gewesen; noch stärker aber haben sich die Erzählungen und Zeitungsberichte und Bücherschilderungen über den Kampf mit chemischen Mitteln auf die Bevölkerung des Inlandes ausgewirkt, so daß man heute in allen Ländern den kommenden Angriffen mit diesen Stoffen vor allem aus Flugzeugen heraus mit größter Sorge entgegensieht. Indessen erscheint diese schon heute einsetzende moralische Wirkung hierbei erheblich größer zu sein als der im Ernstfalle tatsächlich zu erwartende Erfolg. Denn für einen erfolgreichen Angriff mit chemischen Kampfstoffen gelten eine ganze Reihe von Voraussetzungen und Bedingungen, die nur selten gleichzeitig erfüllt sind und die vor allem bei Luftangriffen nur in Ausnahmefällen gegeben sind. Die übertriebene Furcht der Bevölkerung vor Luftangriffen mit chemischen Kampfstoffen läßt sich aber durch eingehende und vor allem durch rechtzeitige Aufklärung auf das richtige Maß zurückführen.

Daß die französischen Bromessigester-Gewehrgranaten, mit denen der chemische Krieg im Jahre 1914 eröffnet worden ist, ohne jede Wirkung geblieben sind, ist auf das Nichtberücksichtigen zum wenigsten eines von drei wichtigen Grundsätzen der chemischen Kampfstofftaktik zurückzuführen, die man zu den Bedingungen eines erfolgreichen Gasangriffes zählen muß. Diese Erfolgsbedingungen, die bis heute ihre volle Gültigkeit behalten haben und die vor allem auch für Luftangriffe gelten, sind eine möglichst hohe Kampfstoffkonzentration, ferner Massenwirkung durch Erzeugung möglichst ausgedehnter Kampfstoffwolken oder kampfstoffverseuchter Flächen und schließlich plötzliche Überraschung in der Anwendung der Kampfstoffe. Daneben strebt man wohl auch noch das Unwirksammachen des gegnerischen Kampfstoffschutzes durch Anwendung geeigneter Kampfstoffe an, auf die der gegnerische Gasschutz nicht eingestellt ist. Nur wenn alle diese Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind, kann man auf einen durchschlagenden Erfolg bei der Anwendung der Kampfstoffe rechnen. Aber wie die vielfachen Erfahrungen des Krieges gezeigt haben, mindert das Fehlen auch nur einer dieser Bedingungen das Ergebnis sehr stark herab, und es fragt sich, ob es überhaupt möglich ist, bei Luftangriffen diese taktischen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung von Kampfstoffen zu erfüllen.

Die chemischen Kampfstoffe wirken um so schneller und heftiger, je konzentrierter sie zur Anwendung gelangen, vor allem, wenn ein Schutz dagegen nicht vorhanden ist oder zu spät angelegt wird. Wenn man ferner auch bei rechtzeitig angelegtem Gasschutz nicht zu befürchten braucht, daß derselbe durch die hohen Kampfstoffkonzentrationen in der Luft erschöpft und unbrauchbar wird, so wird sich doch der geringste Fehler, die kleinste Undichtigkeit beim Sitz, der geringste Zeitverlust beim Aufsetzen unter diesen Umständen schwer auswirken und zu Schädigungen führen. Insbesondere werden hohe Kampfstoffkonzentrationen bei Angriffen auf bewohnte Gebäude leicht zur Folge haben, daß zwar nur kleine, aber zur Wirkung ausreichende Mengen durch Ritzen und Spalten in geschlossene Räume eindringen und die Bewohner gefährden.

Im Felde konnte man die erforderlichen großen Kampfstoffkonzentrationen dadurch erzeugen, daß man sehr viele Minen- und Artilleriegeschosse, die mit Kampfstoffen gefüllt waren, in kurzer Zeit auf eine kleine Fläche warf. Als Minimalbelegung wurden 10—15 g Kampfstoff auf einen Quadratmeter Gelände angestrebt, eine Menge, die im Felde nur durch eine gewaltige Massierung der Artillerie zu erreichen war. Es erscheint kaum möglich, daß eine derartig hohe Kampfstoffkonzentration über größere Flächen bei Luftangriffen zu erzielen sein wird. Wohl kann sich in der unmittelbaren Umgebung einer von oben abgeworfenen und explodierenden Kampfstoffbombe eine besonders hohe Anreicherung von Kampfstoff in der Luft bilden. Aber eine derartige konzentrierte Wolke hat doch nur einen sehr beschränkten Durchmesser

und geht über 15—20 m nicht hinaus. Sie wird dann vom Winde rasch verdünnt und somit bald unwirksam werden[1]). Einer solchen kleinen Kampfstoffwolke kann man ferner meistens leicht seitlich ausweichen und so ihrer Wirkung entgehen. Eine kleine Wolke ist selbst bei ursprünglich hoher Konzentration wenig gefährlich. Versprüht die Luftbombe beim Explodieren einen nicht flüchtigen Kampfstoff über den Erdboden, so ist der Bereich und die Konzentration auch nicht erheblich. Der größte Teil wird vom Erdboden verschluckt und von diesem vernichtet. Man kann dem verseuchten Sprengtrichter leicht aus dem Wege gehen und ihn durch Entgiftung unschädlich machen.

Die erste Bedingung der hohen Kampfstoffkonzentration läßt sich also bei Luftangriffen nur in sehr beschränktem Umfange erfüllen.

Noch schwieriger ist die Erzeugung von möglichst großen Kampfstoffwolken oder begifteter Geländeflächen aus der Luft. Im Felde konnte man viele einzelne kleine Wolken durch genügenden Artillerieeinsatz zu einer großen geschlossenen Wolke von ausreichender Konzentration vereinigen, wodurch die zweite Bedingung der Massenwirkung erfüllt war. Eine Kampfstoffwolke ist um so wirksamer, je breiter und tiefer sie ist. Mit der Steigerung des Umfanges der Wolke wächst nicht allein die Zeit der Einwirkung, sondern auch ihre seelische Wirkung. Der Eindruck der großen, unabsehbaren Chlorwolken ist auf Truppe und Bevölkerung stets außerordentlich groß gewesen. Es war schwierig, sich aus ihnen zu entfernen und infolge des längeren erzwungenen Aufenthaltes in ihnen sank die Schlagkraft der betroffenen Truppe erheblich. Im Felde war es möglich, Kampfstoffwolken von vielen Kilometern Länge und erheblicher Tiefe dadurch zu erzeugen, daß eine genügende Menge von Chlorflaschen oder von Minenwerfern oder von Artillerie eingesetzt wurde. Anders ist es jedoch bei Luftangriffen, wo die wenigen Flugzeuge nur wenige Bomben, überdies über längere Zeit verteilt, abwerfen können. Die Kampfstoffwolken entstehen hier in den bewohnten Orten vereinzelt in Höfen, auf freien Plätzen, wenn sie nicht gar in einem Hause selbst gebildet und somit ziemlich eingeschlossen werden. Sie sind immer durch Gebäude voneinander getrennt, die den Zusammenschluß zu einer großen, alles einhüllenden Wolke unmöglich machen. Eine gleichmäßige Verseuchung von größeren Orten durch nichtflüchtige Kampfstoffe erscheint bei Luftangriffen bisher auch unmöglich. Es ist bisher technisch nicht möglich, eine Großstadt auf einmal in eine große Kampfstoffwolke einzuhüllen. Selbst bei dichtester Belegung mit Luftbomben werden immer nur einzelne Wolken entstehen, zwischen denen größere Flächen und Strecken reiner Luft vorhanden sind. Auch die zweite Voraussetzung für einen erfolgreichen Luftangriff mit Kampfstoffen läßt sich nicht oder nur zufällig und ausnahmsweise vorübergehend erfüllen.

[1]) H. Engelhard, Gasschutz und Luftschutz 4 (1934), 174.

Die dritte Bedingung ist der überraschende Einsatz der Kampfstoffe. Er soll so plötzlich und unvermutet kommen, daß der Angegriffene keine Zeit mehr hat, sich vor den entstehenden Kampfstoffwolken in Sicherheit zu bringen und Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Im allgemeinen wird die Warnung vor Luftangriffen die bedrohte Bevölkerung zeitig genug erreichen, so daß sie Schutzorte aufsuchen kann. Dafür ist der Luftschutzdienst verantwortlich. Und selbst wenn ein Luftangriff ohne Warnung plötzlich aus heiterem Himmel erfolgt, so bleibt fast immer noch genügend Zeit, um Schutzorte aufzusuchen und um Vorbereitungen zum Schutze vor chemischen Kampfstoffen zu treffen. Als besonderes Überraschungsmoment im Felde hat die Anwendung von Kampfstoffen ohne Reizwirkung und von größerer Latenzzeit gedient, also z. B. von Dichlordiäthylsulfid, das zwischen Brisanzgranaten verschossen wurde. Denn das so gleichsam heimlich im Gelände verstreute Gelbkreuz konnte seine Wirkung ausüben, ohne daß die Betroffenen merkten, wann und wo sie damit in Berührung gekommen waren. Auch bei Luftangriffen ist die Verwendung von Gelbkreuz-Kampfstoffen wahrscheinlich, so daß Straßen und Plätze, Wände, Gesträuch und der Erdboden damit durchtränkt und zu einer überraschenden Quelle von Kampfstofferkrankungen werden können. Indessen ist der Schutz gegen derartige Überraschungen bei Luftangriffen erheblich größer, weil der Luftschutz hierauf besonders vorbereitet ist und diese Quellen rasch vernichten wird, bevor bei der Bevölkerung Schäden auftreten. Auch der Überraschungsfaktor fällt bei Luftangriffen mit chemischen Kampfstoffen fast völlig fort.

Es ergibt sich daraus also, daß von den drei wichtigsten Bedingungen, die für einen erfolgreichen Angriff mit Kampfstoffen vorausgesetzt werden, und zwar gleichzeitig vorausgesetzt werden, bei Luftangriffen kaum eine allein und wohl niemals sämtliche drei gleichzeitig erfüllt sein werden. Dadurch werden aber die Erfolgsaussichten für einen Angriff, der durch Flugzeuge allein mit chemischen Kampfstoffen ausgeführt werden soll, so außerordentlich gering, daß seine Wirkung erheblich hinter der Wirkung von Angriffen mit Brisanz- oder mit Brandbomben zurückstehen wird. Und ganz ähnlich wird die Wirkung der Kampfstoffe bei einem kombinierten Luftangriffe sein. Auch hier überwiegt die Explosions- und Brandwirkung der beiden anderen Angriffsmittel ganz erheblich. Da aber, vor allem bei einer mangelhaft unterrichteten Bevölkerung, die Furcht vor den chemischen Kampfstoffen immer sehr groß sein wird und zu lebhafter Beunruhigung, selbst zu sinnlosen Paniken führen kann, so wird der Angreifer zweifellos schon aus diesen psychologischen Gründen nicht völlig auf den Gebrauch der Kampfstoffbomben verzichten, wenngleich er einen ernsthaften Erfolg nicht erwarten kann.

Nur bei wenigen Kampfmitteln hängt die Wirkung und der Erfolg so von äußeren Umständen ab, vor allem von der Witterung und

vom Gelände, wie bei den chemischen Kampfstoffen. Die wichtigsten meteorologischen Faktoren, der Wind, die Feuchtigkeit der Luft, Regen, Tau und Schnee, die Wärme sind häufig von ausschlaggebender Bedeutung für den Erfolg. Schon die Möglichkeit eines Luftangriffes, die Betätigung der Flieger hängt vom Winde ab und scheidet bei stürmischem Wetter ganz aus. Bei böigen Winden von auch nur geringer Stärke ist die Treffsicherheit der Abwürfe stark vermindert. Und hat die Fliegerbombe doch ihr Ziel erreicht, so bleibt die entstehende Kampfstoffwolke nur bei Windstille an Ort und Stelle liegen, wird aber durch den leisesten Windhauch rasch vertrieben und verdünnt und so unschädlich gemacht. Windstille Tage sind in Deutschland selten. Geringe Windstärken unter 2 m/sec kommen auch nicht häufig vor. Stärkere Winde sind als ungünstig für Gasangriffe zu betrachten. Für Berlin sind höchstens 50—60 Tage im Jahre dafür geeignet. An den anderen Tagen werden die Kampfstoffwolken in wenigen Sekunden oder höchstens Minuten durch den Wind vertrieben und unschädlich gemacht. Dabei ist es natürlich möglich, daß sich an besonders günstig gelegenen Stellen, die vor Wind geschützt sind, also in Parks, Höfen, Gärten usw. infolge der Abgeschlossenheit Wolkennester bilden, in denen die Kampfstoffwolken selbst mit höherer Konzentration etwas länger liegen bleiben. Aber das sind nur vereinzelte Ausnahmen. Der Wind wird stets ein ausgezeichneter Schutz bei Luftangriffen mit Kampfstoffen sein, solange es sich um flüchtige Kampfstoffe handelt. Hingegen werden die verspritzten nichtflüchtigen Kampfstoffe vom Winde nicht weiter berührt, vor allem bleiben die Gelbkreuzpfützen selbst bei stärkstem Winde in ihrer ursprünglichen Gefährlichkeit bestehen.

Ein noch besserer Helfer gegen Kampfstoffangriffe ist die Feuchtigkeit der Luft in den verschiedenen Formen des Regens, Taus, Nebels, Schnees usw. Nur wenige Kampfstoffe widerstehen der zersetzenden Wirkung des Wassers. Wenn schon bei Regenwetter an und für sich Fliegerangriffe kaum erfolgen werden, so werden die entstehenden Wolken der flüchtigen Kampfstoffe durch Regen und Schnee rasch darniedergeschlagen. Auch die vernebelten und verstäubten schwerflüchtigen Kampfstoffe werden durch die herabfallenden Regentropfen infolge ihrer großen Oberfläche rasch und vollständig absorbiert und niedergeschlagen. Dazu tritt noch die zersetzende Wirkung des Wassers ein, und in kurzer Zeit ist der Kampfstoff beseitigt. Auch die in scheinbar trockener Luft enthaltene Feuchtigkeit genügt, um leicht hydrolysierbare Kampfstoffe wie Phosgen, Lewisit, Perstoff, die meisten organischen Arsine nach einiger Zeit so weit zu zerstören, daß die Wolken ungefährlich werden. Das Dichlordiäthylsulfid jedoch wird durch den Wassergehalt der Luft nicht angegriffen. Auf jeden Fall können wir festhalten, daß das Wasser in seinen verschiedenen meteorologischen Formen mit zu den besten Helfern bei der Abwehr von Kampfstoffangriffen jeder Art, auch aus der Luft, zählt.

Ein anderer sehr zu beachtender Faktor ist die Wärme, weil sie die treibende Kraft der Luftbewegungen ist, der die Kampfstoffwolken unterliegen. Ist die Luft im Gelände oder in den Städten durch längere Sonnenstrahlung, vor allem am Nachmittag, erwärmt, so hat sie das Bestreben, aufwärts zu steigen und die Kampfstoffwolken mit hochzureißen. Vor allem wird dies an den besonnten Seiten der Häuser der Fall sein. An der nichtbestrahlten und daher kühleren Seite hingegen wird Neigung zum Heruntersinken vorhanden sein, so daß die Kampfstoffwolken gelegentlich über ein Haus hinweggehoben werden können. Man muß immer damit rechnen, daß die Kampfstoffwolken, die ja infolge ihrer sehr geringen Kampfstoffkonzentration kaum ein anderes spezifisches Gewicht als die reine Luft selbst besitzen, keine Eigenbewegung aufweisen und vor allem nur ausnahmsweise freiwillig nach unten fallen werden. Sie werden vielmehr dem leisesten Windhauch folgen und mit diesem sich auf und ab bewegen, wie es auch die erwärmten und abgekühlten Luftschichten tun. Allgemein läßt sich noch sagen, daß bei schönem Wetter aufsteigende Luftströmungen vorhanden sind. Solche Zeiten werden also für Luftangriffe mit leichtflüchtigen Kampfstoffen wenig geeignet sein. Die entstandenen Wolken steigen bei solchem Wetter rasch nach oben. Viel günstiger sind absteigende Luftströmungen, durch welche die Wolken auf die Erde heruntergedrückt werden. Vor allem sind die kühleren Tageszeiten von Mitternacht bis in den Vormittag hinein für Luftangriffe mit Kampfstoffen geeignet, soweit in dieser unsichtigen Tageszeit die Flugzeuge ihr Ziel überhaupt sehen und erreichen können.

Ein Faktor, der bei Luftangriffen auf Großstädte im Gegensatz zu Frontangriffen nur eine nebensächliche Rolle spielt, ist die Beschaffenheit des Geländes; vermag doch die Eigenart des Geländes häufig die Stärke und Richtung und Struktur des Windes merklich zu beeinflussen. Alle Geländefaktoren, welche die Windstille begünstigen, sind auch günstig für die Bildung von Kampfstoffwolken. Geschlossene und sich längere Zeit haltende Kampfstoffwolken lassen sich gut in Ortschaften erzeugen, die in Talkesseln, in Mulden liegen. In Wäldern bleiben sie auch gern sitzen, da sie dort vor dem Winde einigermaßen geschützt sind und nicht herausgetrieben werden. Andererseits vermag aber der Wind eine Kampfstoffwolke auch nur schlecht in einen dichten Wald hineinzutreiben. Sie wird vielmehr über den Wald hinweggehoben, so daß der Aufenthalt darin einen gewissen Schutz gewährt. In einem hügeligen Gelände sind die Berg- und Talwinde und ihr Einfluß auf die Bewegung der Wolken zu berücksichtigen.

Bei nichtflüchtigen Kampfstoffen, wie z. B. beim Lost, kann dichter Baumbestand, können Sträucher, Felder die Wirksamkeit erheblich verlängern, indem die verspritzten und versprühten Kampfstoffe längere Zeit auf den Blättern usw. liegenbleiben und nun langsam heruntertropfen. Sie können eine dauernde Quelle von Gefahren werden, wenn

sie nicht durch Regen oder durch Abspritzen gereinigt werden. Andererseits vermögen die Parks und Wälder usw. Kampfstoffwolken rasch zu entgiften, weil sie dieselben durch Hydrolyse vernichten.

Daß schließlich die Art des Bodens für die Wirkung von Luftbomben eine Rolle spielt, zeigt sich darin, daß eine Bombe mit selbst hochempfindlichen Aufschlagzünder in weichen sumpfigen Boden tiefer eindringt als in harten, steinigen Grund. Sie kommt im ersten Falle erst später zur Explosion und es bleibt daher ein erheblicher Teil des Kampfstoffes im sumpfigen Boden ohne weitere Wirkung sitzen.

2. Abregnen von chemischen Kampfstoffen aus Flugzeugen

Das Tragvermögen der Luftschiffe und Flugzeuge ist begrenzt und es ist deshalb bei Luftangriffen ein wichtiges Problem, in möglichst kurzer Zeit möglichst viel Kampfstoff bis über die zu begiftenden Orte zu schaffen und dort abzuwerfen. Luftschiffe scheiden für diesen Zweck fast immer aus. Sie besitzen gegenüber den Flugzeugen eine viel zu geringe Geschwindigkeit und Beweglichkeit und ein zu langsames Steigvermögen. Da die anzugreifenden Orte fast immer weit im Hinterlande liegen und durch ihren Nachrichtendienst meistens zeitig genug gewarnt werden, so sind die Luftschiffe kaum jemals in der Lage, eine solche Aufgabe zu erfüllen, ohne sofort entdeckt, angegriffen und abgeschossen zu werden. Das Luftschiff spielt daher als Angriffswaffe mit chemischen und anderen Kampfstoffen keine Rolle. Die Flugzeuge wiederum, deren sonstige Verwendung im Kriegsfalle von größter Bedeutung ist, können nur begrenzte Kampfstoffmengen mit sich führen. Ein Flugzeug von 1000 kg Tragvermögen kann aber nur gegen 700 kg Kampfstoff transportieren, weil dieser sehr sorgfältig druck- und stoßsicher eingeschlossen sein muß, um die eigene Besatzung nicht zu gefährden. Dieses verhältnismäßig geringe Fassungsvermögen der Flugzeuge wird aber scheinbar dadurch ausgeglichen, daß eine sehr große Anzahl von Flugzeugen für derartige Zwecke zur Verfügung stehen kann. Außerdem kann ein und dasselbe Flugzeug infolge seiner Geschwindigkeit und Beweglichkeit immer wieder zum Transport und zum Angriff angesetzt werden. Theoretisch können also selbst von einer kleinen Anzahl von Flugzeugen große Mengen Kampfstoff abgeworfen werden. In Wirklichkeit ist aber mit einer erheblichen Anzahl von Ausfällen zu rechnen, die durch anderweitige, notwendigere Verwendung der Flugzeuge, durch technische Unvollkommenheiten und Störungen, durch unfreiwillige Landungen, Abschüsse und sonstige Verluste herbeigeführt werden. Tatsächlich wird also auch bei einer zahlreichen und hochstehenden Fliegerwaffe nur eine sehr kleine Anzahl von Flugzeugen zu Angriffen mit chemischen Kampfstoffen dienen können. Von Bedeutung für den Erfolg ist es dann weiterhin, daß diese Flugzeuge nur gelegentlich Überfälle ausführen können, daß sie aber nicht in der Lage sind, einen stundenlang währenden, ununterbrochenen Angriff durchzuführen. Sie können also nicht, wie es im Weltkriege grundsätzlich gemacht wurde, eine Kampfstoffwolke durch Nachwerfen neuer Mengen Kampfstoff immer wieder auffrischen und ihr dadurch größere Wirksamkeit verleihen. Mit diesem Fehlen der Massenwirkung und der Höchstkonzentration ist ihnen bereits die eine notwendige Voraussetzung für einen erfolgreichen Kampfstoffangriff aus der Hand genommen.

Die Abgabe der chemischen Kampfstoffe aus dem Flugzeuge kann zugleich mit dem Abwerfen der Kampfstoffbehälter oder auch ohne diese erfolgen. Im letzteren Falle ist der Kampfstoff im Flugzeuge in großen Behältern oder Tanks untergebracht, aus denen er dann durch flüssiges Kohlendioxyd herausgedrückt wird und das Flugzeug mit ungefähr derselben, aber entgegengesetzten horizontalen Geschwindigkeit wie dieses verläßt, so daß die entstandenen Tropfen nur eine geringe horizontale Eigenbewegung haben und allmählich nach unten fallen. Dieses Abregnen von chemischen Kampfstoffen eignet sich nur für sehr tief fliegende Flugzeuge und ist vor allem bei der friedlichen Schädlingsbekämpfung mit Erfolg angewendet worden. Nach amerikanischen Angaben soll man bei dem Abregnen von 300 kg flüssigem Kampfstoff aus 300 m Höhe einen Geländestreifen von rund 275 m Breite und 1300 m Länge begiften können. Ebenfalls nach amerikanischen Angaben soll ein Flugzeug in 15 m Höhe mit 150 kg Flüssigkeit einen Geländestreifen von 275 m Breite und 1400 m Länge wirkungsvoll bedecken. Indessen ist das Flugzeug über bewohnten Orten durch die Erdabwehr, durch Türme und Schornsteine, durch Ballonsperren usw. gezwungen, größere Höhen aufzusuchen, wodurch ein Abregnen so gut wie unmöglich gemacht wird. Im offenen Felde muß man vielleicht mit der Verwendung von chemischen Kampfstoffen durch Tiefflieger rechnen, wie denn die Italiener im Abessinischen Kriege dieses Verfahren mit gewissem Erfolge gegen ihre Gegner angewendet haben.

Im allgemeinen ist aber das Flugzeug durch die Erdabwehr gezwungen, größere Höhen aufzusuchen, wodurch aber ein Abregnen so gut wie unmöglich wird. Denn wenn das in größerer Höhe befindliche Flugzeug seine gesamte flüssige Kampfstoffmenge mit einem Male ausleert, zerfällt diese Flüssigkeitsmenge nach kurzem Fall in eine Unzahl kleiner Tropfen. Wasser z. B. bildet beim Hindurchfallen durch Luft infolge der Reibung und Wirbelbewegung Tropfen von höchstens 0,13 g Gewicht, die bald mit der konstanten Geschwindigkeit von ungefähr 8 m in der Sekunde fallen. Bei den flüssigen Kampfstoffen tritt ebenfalls Auflösung der Flüssigkeitsmasse in kleine Tröpfchen ein, die dann ebenfalls mit konstanter mäßiger Geschwindigkeit fallen. Zum Hindurchfallen von 1500 m sind ungefähr 200 Sekunden erforderlich. Wegen der sehr großen Gesamtoberfläche dieser Tropfen und der nicht un-

bedeutenden Fallzeit tritt selbst bei sehr geringer Flüchtigkeit des Kampfstoffes weitgehende Verdampfung ein. Man kann also erwarten, daß flüssige Kampfstoffe, die aus größeren Höhen abgeworfen oder abgeregnet werden, kaum die Erde erreichen, sondern durch Verdampfung größtenteils verloren gehen.

Wird also der Kampfstoff in Form eines Regens abgelassen, so verdampft er beim Hindurchfallen durch die großen Luftschichten und erreicht die Erde nicht mehr. Selbst so schwerflüchtige Verbindungen wie das Gelbkreuz verflüchtigen sich bei diesem Verfahren, so daß nur ein sehr kleiner Rest die Erde erreichen wird. Dazu kommt noch die abtreibende Kraft der Winde, die ein sicheres Zielen unmöglich macht.

Bei der Schädlingsbekämpfung, bei der allerdings mit festen, staubförmigen Mitteln gearbeitet wird, müssen daher die Flugzeuge sehr tief über der zu bestreuenden Fläche fliegen und gehen bis auf 5—20 m herab. Man hat wohl auch daran gedacht, die flüssigen Kampfstoffe durch Bimssteinkies aufsaugen zu lassen und dann in dieser Form aus größeren Höhen abzuwerfen. Aber auch dann würde der größte Teil des Kampfstoffes im Fallen verdampfen, und selbst die mit Lost getränkten Kiesteilchen würden als wenig gefährliche Teilchen herunterkommen, die außerdem sehr weit verstreut liegen würden. Anders ist es jedoch, wenn die Abregenflugzeuge eine Erdabwehr nicht zu befürchten haben, wie es z. B. im unbewohnten und ungeschützten Hinterlande der Fall sein kann. Dann können sie tief herabgehen und können Wege, Brücken, Geländestreifen mit nichtflüchtigen Kampfstoffen, also vor allem mit Dichlordiäthylsulfid, begiften. Es können auf diese Weise Wegesperren und Barrieren errichtet werden, die nach ihrer Erkennung sehr hinderlich sein können. Bei Städten und Industrieorten jedoch, die mit Luftabwehr versehen sind, kommt das Abregenverfahren vorläufig kaum in Betracht.

3. Abwerfen

Auch das andere Verfahren des Kampfstoffabwurfes zusammen mit dem Behälter wird in der Zukunft kaum eine Rolle spielen. Es ist in jeder Weise dem Abwurf von Explosiv- und Brandstoffen aus Flugzeugen gleichzustellen, nur daß es nicht so wirkungsvoll ist wie diese. Die chemischen Kampfstoffe werden in eiserne Gefäße von schlanker, birnenförmiger Gestalt, von Tropfen- oder Torpedoform eingefüllt, die am hinteren Ende einige Steuerbleche tragen, damit sie ihre Richtung beim Herabfallen beibehalten und mit dem vorn befindlichen Zünder zuerst aufschlagen. Je nach dem Charakter des Kampfstoffes ist derselbe unmittelbar in die Bombenhülse hineingegossen oder vorher in besondere Gefäße aus Blei, Porzellan, Glas usw. eingeschlossen. Der Zünder ist besonders kräftig gehalten, da er dazu dient, die Bombenhülle aufzureißen und den Kampfstoff zu versprühen. In gewissen Fällen muß noch eine gewisse Menge Sprengladung hinzugefügt werden, deren Explosionswärme auch noch den eingeschlossenen Kampfstoff vergasen muß, wie es bei den Reizstoffen vom Blaukreuztypus notwendig ist. Manche Kampfstoffbomben tragen eine derartig große Sprengladung in sich, daß ihre Wirkung an die von Sprengbomben erinnert. Sicherlich werden durch den Explosionsdruck solcher Brisanzkampfstoffbomben die Fensterscheiben und Türen usw. der benachbarten Wohnungen gefährdet werden. Der Zünder einer derartigen Kampfstoffbombe ist hochempfindlich, damit die Bombe möglichst wenig in den Erdboden eindringt. Kampfstoffbomben mit einem leicht oder mäßig flüchtigen Kampfstoff enthalten eine kleine Sprengladung, die nur dazu auszureichen braucht, die Wandung der Bombe aufzureißen. Die Splitterwirkung derartiger Bomben ist also sehr gering und man kann sie schon an ihrem schwachen Detonationsknall erkennen. Sie reißen keine merklichen Trichter in den Erdboden. Aber die entstehende Kampfstoffwolke wirkt voraussichtlich heftig auf die Atmungsorgane und Augen. Ein Nachgasen aus der Einschlagstelle ist nur kurze Zeit zu befürchten. Bei Kampfstoffbomben mit nichtflüchtigem Inhalt, also z. B. mit Lost, ist die Detonation erheblich kräftiger und es ist auch meistens merkliche Splitterwirkung vorhanden. Hier wird auch meistens ein kleiner Sprengtrichter zu sehen sein, der etwas nachgast. Die Umgebung wird Pfützen und Spritzer von öligem Gelbkreuz aufweisen, der Geruch nach Meerrettich ist deutlich wahrnehmbar und es ist größte Vorsicht vor diesem Berührungsgifte anzuwenden. Auch der Kampfstoffschwaden ist gefährlich, wenngleich er nicht lange Zeit anhält, sondern sich rasch absetzt. Die mit festen Kampfstoffen gefüllten Fliegerbomben schließlich haben erhebliche Splitterwirkung, bohren ziemliche Trichter, die aber nicht nachgasen. Der Schwaden hat große Reiz- und Nachwirkung, wird aber rasch wirkungslos.

Je größer eine Fliegerbombe ist, desto größer ist auch der Kampfstoffanteil im Verhältnis zur Bombenhülle und zum Zünder. Eine 20-kg-Bombe enthält nur 40 Volumprozent Kampfstoff, eine 100-kg-Bombe schon 55% und eine 500 kg-Bombe gegen 65% Kampfstoff.

Ist die Fliegerbombe mit einem leichtflüchtigen Kampfstoff wie z. B. mit Phosgen gefüllt, so werden von dem gesamten Kampfstoffe sofort nach der Explosion gegen 80—90% vergasen. Der Rest geht in den Boden und wird zerstört. Besteht die Füllung aus einem nicht- oder schwerflüchtigen Kampfstoff, wie Perstoff, Chlorpikrin, Clark usw., so gehen ungefähr 30% in den Boden hinein und sind wirkungslos; 40% werden grob verspritzt, ungefähr 25% werden fein versprüht und nur gegen 5% werden vergast[1]). Bei festen Kampfstoffen ist der Verlust

[1]) H. Stoltzenberg, Die Ultragifte, Heft II; Julius Meyer, Der Gaskampf, 3. Aufl., 166 (1939).

noch größer. Luftangriffe mit chemischen Kampfstoffen sind aus diesem Grunde recht unwirtschaftlich und die aufgewendeten Mengen entsprechen nur ausnahmsweise der geringen tatsächlichen Wirkung; die moralische Wirkung kann hingegen eine recht erhebliche sein.

Die Kampfstoffmenge, die durch die Energie der Detonation vergast und vernebelt wird, bildet eine Kampfstoffwolke von ungefähr Halbkugelform. Aber selbst bei der 1000-kg-Bombe reicht der Durchmesser dieser Wolke kaum über 15—20 m hinaus; ihr Inhalt ist also ungefähr 2000 cbm. In diesem Raume sind von dem Inhalte einer 1000-kg-Bombe ungefähr 5% gleich 35 kg vergast, das sind ungefähr 15—20 g im Kubikmeter Luft, Mengen, die weit oberhalb der Unerträglichkeits- und Tödlichkeitszahl liegen. Gerät man also in einen derartigen frischen Explosionsschwaden, so ist man ohne Gasmaske aufs schwerste gefährdet. Indessen wird sich diese hohe und sehr gefährliche Kampfstoffkonzentration nur ausnahmsweise einige Zeit halten, wenn die Fliegerbombe z. B. in einen von hohen Häusern umgebenen Hof fällt und dort ein Kampfstoffnest bildet, an das der Wind usw. nicht heran kann. In allen anderen Fällen treibt die in den Straßen usw. stets vorhandene Zugluft, der Wind usw. die Wolke rasch auseinander und verdünnt sie bald bis zur Unschädlichkeit[1]). War die Fliegerbombe nicht mit einem flüchtigen Kampfstoff oder einem besonders wirksamen Reizstoff gefüllt, sondern mit einem schwerflüchtigen Kampfstoff, der vor allem als Hautgift wirken soll, dann ist die Bildung einer Kampfstoffwolke nur Nebensache. Der größte Teil der Füllung, je nach der Sprengladung bis zu 50%, bleibt um die Einschlagstelle herum verteilt liegen. Der Erdboden in einem Kreise bis zu 25 und 30 m Durchmesser ist z. B. mit Dichlordiäthylsulfid in Form von Pfützen, Spritzern und Tropfen übersät. Die Wände der benachbarten Gebäude, die Bäume und Sträucher usw. tragen Tröpfchen bis zu fast unsichtbarer Größe herab und gefährden die darüber- und vorbeigehenden Menschen unbemerkt in schwerster Weise. Der Lostschwaden, der bei der Explosion entsteht, ist natürlich auch sehr gefährlich und wirkt nach kurzer Zeit heftig auf Augen, Nase und Atmungsorgane und sogar auf die unbedeckte Haut selbst ein; aber er verliert seinen Kampfstoff rasch, da die Tröpfchen sich bald zu Boden senken, und ist dann nicht mehr zu fürchten. Der begiftete Erdboden und die bespritzten Wände und Bäume usw. hingegen bilden eine lange dauernde Gefahrenquelle und sind der Ausgangspunkt vieler Kampfstofferkrankungen, wenn sie nicht umgehend entgiftet werden.

Die einzelnen Kampfstoffwolken, die durch die Explosion der Kampfstoffbomben entstehen, sind also von nur mäßiger Größe und können

[1]) H. Engelhard, Gasschutz und Luftschutz 4, 124 (1934); Julius Meyer, Wehr und Waffen 501 (1932).

daher leicht umgangen werden. Als Einzelerscheinung bilden sie keine Gefahr für die Gesamtbevölkerung einer Stadt. Zwar sind vielleicht einmal die Bedingungen der Überraschung und der hohen Kampfstoffkonzentration bei ihr gut erfüllt. Jedoch fehlt die Massenwirkung und es fragt sich, ob es flugtechnisch möglich ist, durch Verwendung vieler Flugzeuge und durch Abwurf vieler Luftbomben eine so große, zusammenhängende Wolke zu erzeugen, daß auch in Städten ein Entrinnen aus ihr unmöglich wird. Nach den Erfahrungen des Weltkrieges, die auch heute noch als zutreffend betrachtet werden müssen, hat sich bei einem erfolgreichen Kampfstoffangriff eine Belegung des Geländes mit durchschnittlich 10—15 g Kampfstoff auf den Quadratmeter als notwendig erwiesen. Bei den hochwirksamen Blaukreuzmaskenbrechern ist man wohl auch mit einer geringeren Belegungsmenge ausgekommen. Aber man wird doch, vor allem in den Städten, bei denen an und für sich infolge der schützenden Gebäude mehr Kampfstoff wirkungslos verstreut wird, mindestens dieselbe Menge ansetzen, damit ein Erfolg erzielt wird. Dann sind also zur Belegung eines Quadratkilometers 10—15 Tonnen Kampfstoff erforderlich. Für eine Großstadt wie Breslau, deren Fläche jetzt fast genau 5000 ha oder 50 qkm umfaßt, sind demnach 500—750 Tonnen durch Flugzeuge heranzuschaffen, gleichmäßig über der Stadtfläche zu verteilen und überdies fast gleichzeitig abzuwerfen. Zum Transport allein sind dann ungefähr 1000 Flugzeuge notwendig; da aber eine erhebliche Anzahl dieser Flugzeuge durch technische Störungen, durch aktive Abwehr, durch meteorologische Hindernisse usw. ausfällt, da ferner eine gewisse Anzahl der abgeworfenen Bomben ihr Ziel verfehlt, nicht explodiert usw., so muß man wahrscheinlich die doppelte bis dreifache Anzahl der Flugzeuge ansetzen, um das Ziel der großen, die ganze Stadt auf einmal einhüllenden Kampfstoffwolke zu erreichen. Das alles sind Aufgaben, die sich bis heute flugtechnisch noch nicht lösen lassen. Der so erörterte Gedanke, eine größere Stadt plötzlich in eine alles überdeckende Kampfstoffwolke von genügend hoher Konzentration von Flugzeugen aus einzuhüllen, läßt sich bis heute nicht verwirklichen. Auch würde die einmalige Herstellung einer solchen Wolke noch lange nicht genügen, um einen wirklichen Erfolg zu erzielen. Denn der Schutz gegen Kampfstoffe läßt sich in Städten mittels der vielen Gebäude bei genügender Vorbereitung mit ausreichendem Erfolge durchführen. Um einen tatsächlichen Erfolg zu erreichen, um den größten Teil der Bevölkerung durch Kampfstoffe arbeitsunfähig und kampfunfähig zu machen, müßte man die Wolke, die vom Winde dauernd abgetrieben und verdünnt wird, unablässig erneuern. Man müßte eine Dauervergasung anstreben, indem ein Flugzeugangriff mit Kampfstoffen unablässig auf den anderen folgt. Und das ist eine Aufgabe, die flugtechnisch bisher nicht zu lösen ist.

Man hat wohl gelegentlich die Behauptung aufgestellt, daß Kampfstoffe entdeckt worden wären, die erheblich wirksamer als die besten bisherigen wären. Nur wenige Kilogramme oder auch Tonnen sollten ausreichen, um Großstädte wie London oder Berlin oder New York erfolgreich zu vergasen. Schon diese kleinen Mengen sollten imstande sein, alles Leben der belegten Städte zu vernichten. Diese Behauptungen sind inhaltlose Phantasiegebilde, die durch keine Tatsachen auch nur im geringsten gestützt werden. Die Kampfstoffchemie ist bisher über die Ergebnisse des Weltkriegs noch nicht merklich hinausgekommen und sie kann der Welt vorläufig nur diejenigen Verbindungen zur Verfügung stellen, die bisher auch schon angewendet worden sind.

Aus alledem ergibt sich, daß ein Fliegerangriff nur allein mit Kampfstoffen bei Großstädten und Industrieorten und auch auf dem flachen Lande wenig Aussicht auf einen tatsächlichen Erfolg hat. Er kann wohl einige Todesfälle, einige Kampfstofferkrankungen, viel Unruhe und sogar wohl eine vorübergehende Panik hervorrufen, kann wohl auch zu einer zeitweiligen Lahmlegung von Verkehr und Transport und Produktion führen; aber bei einer im Gasschutz geübten und gute Gasdisziplin haltenden und genügend unterrichteten Bevölkerung ist er ein wenig wirksames Angriffsmittel und steht an wirklichem Erfolg weit hinter der Wirkung von Explosiv- und Brandbomben zurück. Ein Luftangriff ausschließlich mit chemischen Kampfstoffen ist kaum jemals zu erwarten; wohl aber ist es möglich, daß der Angreifer die wirksameren Explosiv- und Brandbomben benutzen und dazwischen einige Kampfstoffbomben legen wird, die den Zweck haben sollen, die Unruhe noch zu steigern und die Lösch- und Aufräumungsarbeiten zu erschweren. Aber auch solche Hindernisse sollten sich durch eingehende Aufklärung im Frieden, durch gute Gasdisziplin und durch tatkräftiges und beherztes Zugreifen im Ernstfalle überwinden lassen.

F. Nebelstoffe

Die künstlichen Nebel hängen nach ihrer geschichtlichen und technischen Entwicklung sehr eng mit den chemischen Kampfstoffen zusammen, wenngleich sie ursprünglich kein Angriffs-, sondern mehr ein Verteidigungs- und Täuschungsmittel gewesen sind. Schon in früheren Kriegen hat man unter dem Schutze von absichtlich erzeugtem Rauch und Nebel Truppenverschiebungen vorgenommen und Angriffe vorbereitet, um den Gegner irrezuführen und zu überraschen. Seit 1906 hat die deutsche Marine Versuche und Übungen mit künstlichem Nebel unternommen, und 1913 hat die amerikanische Marine Flottenübungen unter dem Schutze derartiger verschleiernder Mittel ausgeführt. Im Weltkriege hat vor allem das englische Heer gelegentlich sein Vorgehen in Verbindung mit Kampfstoffangriffen durch künstliche Nebel zu

tarnen versucht, und in den Operationen der Heere aller Länder spielt heute die Nebeltaktik eine gewisse Rolle. Auch bei Luftangriffen dürfte die Herstellung künstlicher Nebel nicht ohne Bedeutung sein und zwar sowohl zu Angriffs- als auch zu Verteidigungszwecken[1]).

Der Zweck der künstlichen Nebel war ursprünglich, dem Gegner einen Blaseangriff mit chemischen Kampfstoffen vorzutäuschen. Denn bei den ersten Blaseangriffen mit Chlorgas entstand durch die abkühlende Wirkung des verdampfenden Chlors eine weiße Nebelwolke, in der das gasförmige Chlor mit dem Auge nicht zu erkennen war. Noch wichtiger ist aber das Bestreben, durch Entwicklung dichter künstlicher Nebel dem Gegner die Sicht zu beschränken, damit er seine Ziele verliert und damit man selbst ungesehen irgendwelche Bewegungen, Truppenverschiebungen usw. vornehmen kann. Ein neueres Ziel ist schließlich die Herstellung von künstlichen Nebeln, die charakteristisch gefärbt für Signalzwecke sind oder die mit Kampfstoffen, vor allem mit Reizstoffen vermischt den Gegner kampfunfähig machen können. Im Luftkriege wird sich der Verteidiger gelegentlich der Tarnungsnebel bedienen, um dem Angreifer die Ziele und selbst ganze Städte unkenntlich zu machen; der Angreifer aber wird sich der Reiznebel bedienen, um im Verein mit Explosiv-, Brand- und Kampfstoffbomben die Verwirrung und Unruhe in den angegriffenen Städten zu erhöhen.

Unter Nebel und Rauch versteht man kleinste flüssige oder feste Teilchen, die sich lange in der Luft schwebend halten und so zahlreich sind, daß sie die Durchsicht hindern. Von den künstlichen Nebeln wird verlangt, daß sie schon in dünnen Schichten den Durchgang des Lichtes möglichst vollständig verhindern, daß sie ein möglichst großes Deck- oder Tarnungsvermögen besitzen. Das Deckvermögen verschiedener Nebel läßt sich zahlenmäßig vergleichen, wenn man die Dicke der Nebelschichten mißt, die beim Hindurchsehen eine Glühlampe gerade verschwinden lassen. Je kleiner die Dicke dieser Schicht, desto größer ist das Deckvermögen des betreffenden Nebels. Als Maß für das Deckvermögen nimmt man den reziproken Wert dieser Schichtdicke l und setzt $d = 1/l$. Das Deckvermögen hängt noch von anderen Faktoren ab, so z. B. von der Größe der Nebelteilchen, von ihrer Farbe usw. Durch ultramikroskopische Untersuchungen hat man feststellen können, daß in den besten Nebeln Teilchen vorhanden sind, deren Durchmesser 10^{-5} cm und kleiner ist. Die Durchmesser der Nebelteilchen gehen bis zu molekularen Dimensionen 10^{-8} cm herunter. Ihre Größe kann sich allmählich, vor allem unter dem Einflusse der Feuchtigkeit der Luft

[1]) W. E. Gibbs, Smokes and Clouds, London 1924; Julius Meyer, Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe, 3. Aufl., Leipzig 1939; Julius Meyer, Enzyklopädie der technischen Chemie, Bd. IV, 432, Berlin 1930; A. Winkel und G. Jander, Schwebstoffe in Gasen, Stuttgart 1934.

ändern, indem ein Bestreben zur Vergrößerung der Teilchen vorhanden ist. Die besten und kleinsten Nebelteilchen erhält man[1]), wenn man einen Stoff in den gasförmigen Zustand überführt und dann durch Abkühlung usw. zur Verfestigung oder Verflüssigung bringt, ein Verfahren, das wir bereits bei Herstellung von Schwebstoffwolken von Blaukreuzreizstoffen besprochen haben.

Ein Stoff ist um so geeigneter für Vernebelungszwecke, je mehr Nebel von hohem Deckvermögen er auf die Gewichtseinheit zu entwickeln vermag. Entwickelt 1 kg Nebelstoff beim Vernebeln v Liter Nebel von der Deckkraft d, so kann das Produkt $v \cdot d$ als das totale Deckvermögen dieses Stoffes bezeichnet werden. Man hat in diesen Zahlen ein ungefähres Maß für die Brauchbarkeit der Stoffe als Nebelbildner für ihr Verbergungsvermögen. In folgender Tabelle 5 sind einige derartige totale Deckvermögenszahlen, allerdings in nur angenäherter Form, angegeben:

Tabelle 5

Phosphor und Luft	4600
Ammoniak und Chlorwasserstoff	2500
Chlorsulfonsäure und Luftfeuchtigkeit	2200
Schwefeltrioxyd und Luftfeuchtigkeit	1800
Zinntetrachlorid, Ammoniak und Wasser	1590
Berger-Gemisch	1250
Zinntetrachlorid und Ammoniak	900
Schwefeltrioxyd und Ammoniak	375

Das Deckvermögen der Verbrennungsprodukte des Phosphors übertrifft also das der anderen Vernebelungsstoffe ganz erheblich. Indessen kommt es bei den künstlichen Nebeln auch noch auf ihre Beständigkeit an: sie müssen sich lange im Gelände mit genügender Dichtigkeit halten. Je kleiner die Teilchen sind, desto langsamer sinken sie zu Boden. Nimmt ihre Größe zu, dann wird ihre Beständigkeit geringer. Da die Phosphornebelteilchen aus der Luft energisch Wasser anziehen und rasch größer werden, so ist ihre Beständigkeit geringer als die der meisten anderen Nebel. Sehr beachtenswert ist, daß die schwarzen Rußteilchen von unvollständig verbrannten kohlenstoffhaltigen Brennmaterialien sehr groß sind, infolge ihres sehr geringen spezifischen Gewichtes zwar lange in der Luft herumschweben können, daß sie aber wegen ihrer verhältnismäßig geringen Anzahl kein großes Deckvermögen besitzen. Die weißen Nebel übertreffen die meisten schwarzen und dunklen Rauche erheblich an Deckvermögen.

Die kleinen Nebelteilchen besitzen eine nur sehr geringe Eigenbeweglichkeit und werden daher von Adsorptionsstoffen mit großer

[1]) U. Müller, Die chemische Waffe, 10. Aufl., 95, Berlin 1939.

Oberfläche wie z. B. von aktiver Kohle kaum festgehalten, während diese für gasförmige Stoffe in der Luft ein ausgezeichnetes Adsorptionsmittel ist. Die feinen Nebel und Rauche, die als Aerosole in der Luft schweben und typische Schwebstoffe sind, müssen durch dichte, kleinporige Filter aus Watte, Zellstoff, Flanell aus der hindurchstreichenden Luft abfiltriert werden. Auch die ehemaligen Maskenbrecher wie z. B. die Blaukreuzkampfstoffe müssen daher eigentlich in diese Gruppe von Nebeln und Rauchen gezählt werden[1]).

Einer der wirksamsten Nebelbildner ist der farblose Phosphor, der sehr giftig ist, bei 44,5° schmilzt und bei 278° siedet. Er entzündet sich leicht von selbst an der Luft und verbrennt dann unter Ausstoßung eines dichten weißen Nebels, der ursprünglich das Verbrennungsprodukt Phosphorpentoxyd P_2O_5 ist, das aber aus der Luft Feuchtigkeit an sich zieht und so kleinste Tröpfchen von Phosphorsäure bildet. Ein Gewichtsteil Phosphor liefert so mindestens 3,16 Gewichtsteile nebelförmige Phosphorsäure. Der Phosphornebel ist nicht ganz unbedenklich, da er unvollständig verbrannte Oxydationsprodukte enthält, die nicht unschädlich sind. Sehr gefährlich sind die schwer heilenden Brandwunden, die brennender Phosphor auf der Haut verursacht. Wegen der großen Selbstentzündlichkeit hat der Phosphor im Weltkriege auf französischer Seite zur Füllung von Brandbomben gedient. Zur Nebelerzeugung mit Phosphor hat man besondere Apparate gebaut. Vom Flugzeug aus läßt er sich kaum als Nebelstoff verwenden, wohl aber zum Vernebeln auf der Erde. Er gibt einen guten, aber nicht sehr anhaltenden Verbergungsnebel.

Das Gemisch von Ammoniak NH_3 und Chlorwasserstoff HCl erfordert zur Nebelbildung eine zu umfangreiche Apparatur, so daß diese Stoffe im Luftkrieg nicht zur Anwendung kommen, ebensowenig wie die Gemische aus Zinntetrachlorid $SnCl_4$ und Ammoniak oder aus Schwefeltrioxyd SO_3 und Ammoniak. Diese Stoffe müssen erst vergast werden, was beim Ammoniak und Zinntetrachlorid durch Versprühen aus schweren Eisenflaschen unter Druck geschieht. Dann erfolgt die Mischung der nebelbildenden Gase in einem Mischrohr usw. Derartige Vorrichtungen sind unhandlich und zu umständlich, als daß sie von einem Manne transportiert werden könnten. Man hat sie daher höchstens bei ortsfesten Anlagen in Aussicht genommen, z. B. bei Schiffen.

Viel geeigneter ist das Schwefeltrioxyd SO_3, eine weiße Masse, die schon bei 46° siedet, aber dabei in eine etwas schwerer flüchtige asbestartige Form übergeht, die dann bei höheren Temperaturen vergast wird. Das gasförmige Schwefeltrioxyd zieht aus der Luft mit größter Energie Feuchtigkeit an und bildet zahllose kleinste Tröpfchen von Schwefelsäure, die einen sehr dichten und beständigen Nebel bilden. Schwefel-

[1]) A. Winkel und G. Jander, Schwebstoffe in Gasen, S. 109, Stuttgart 1934.

trioxyd ist mit großer Vorsicht zu handhaben, da es ätzend wirkt, organische Stoffe verkohlt und mit flüssigem Wasser explosionsartig unter Bildung von Schwefelsäure H_2SO_4 reagiert. Bei der Nebelbildung verwendet man nicht das reine Trioxyd, sondern löst es in konzentrierter Schwefelsäure zu rauchender Schwefelsäure oder Oleum auf, das man dann auf gebrannten Kalk tropfen läßt. Die hierbei entstehende Wärme verdampft dann das gelöste Schwefeltrioxyd und liefert so in bequemer Weise den gewünschten Nebel. Dieser Trioxydnebel ist indessen nicht harmlos, sondern reizt stark zum Husten und kann bei hohen Konzentrationen auch etwas auf die Kleidungsstücke einwirken. Feuchte Tücher vor Mund und Nase schützen aber vollständig.

Ein anderer sehr guter Nebelbildner ist die Chlorsulfonsäure, die mit der Feuchtigkeit der Luft in Salzsäure und Schwefelsäure zerfällt und so dichte Nebel bildet:

$$Cl \cdot SO_3H + H_2O = H_2SO_4 + HCl.$$

Die Chlorsulfonsäure ist eine farblose Flüssigkeit vom Siedepunkt 158°, die schon an offener Luft dichte Nebelwolken ausstößt. Man versprüht sie aus Kesseln, in denen sie unter höherem Druck steht. Sehr gut geeignet für die Nebelbildung hat sich eine Lösung von 60% Schwefeltrioxyd mit 40% Chlorsulfonsäure, die sog. Nebelsäure, erwiesen. Auch die Flugzeuge können sie mit sich führen und während des Fluges hinter sich aus den Auspuffrohren oder aus besonderen Düsen versprühen, so daß sie in der Luft dichte Nebelwolken hinterlassen, ein Verfahren, das man wohl zum Vernebeln von Städten aus der Luft versucht hat und das zur „Himmelsschrift" benutzt wird.

Sehr viel bequemer in der Herstellung und Handhabung als diese Nebelstoffe sind einige Mischungen, bei denen Zinkchlorid $ZnCl_2$ als Nebelbildner auftritt. Das Zinkchlorid ist ebenfalls stark hygroskopisch und zieht, wenn es einmal vergast ist, aus der Luft sehr heftig Wasser an und bildet dabei dichte weiße Hydrolysenprodukte, die einen guten, sehr beständigen Nebel bilden. Das Zinkchlorid wird aus den sog. Berger-Mischungen entwickelt, die aus einem Gemisch von Zinkstaub und einem organischen Chlorprodukte bestehen. Man mischt z. B. 25 Teile Zinkstaub, 20 Teile Zinkoxyd, 50 Teile Kohlenstofftetrachlorid zusammen und gibt noch 5 Teile Magnesiumoxyd hinzu. Beim Anzünden setzt sich die Masse unter starker Wärmeentwicklung um:

$$2 Zn + CCl_4 = 2 ZnCl_2 + C.$$

Die graue Farbe dieser Zinknebelwolken rührt wahrscheinlich von etwas freigewordenem Kohlenstoff her. Um diesen zu vernichten und den Wolken eine reine weiße Farbe zu geben, kann man der Mischung noch Natriumchlorat und andere oxydierende Stoffe zufügen. Einen rein weißen Nebel erhält man z. B. aus der Mischung 34,6 Zinkstaub, 40,8 Kohlenstofftetrachlorid, 9,3 Natriumchlorat, 7,0 Ammoniumchlorid

und 8,3 Magnesiumkarbonat[1]). Da das Kohlenstofftetrachlorid eine flüchtige Flüssigkeit ist, ersetzt man es auch durch das feste Hexachloräthan:

$$3 Zn + C_2Cl_6 = 3 ZnCl_2 + 2 C.$$

Die mit diesen Mischungen hergestellten Zinknebelbüchsen sind sehr handlich im Gebrauch, lassen sich lange lagern und werden heute gern von der Truppe verwendet. Von Bedeutung ist, daß sie aus Flugzeugen abgeworfen werden können, um Ortschaften usw. in Nebel zu hüllen.

Die so gewonnenen reinen Nebel sind zur Verschleierung und Tarnung geeignet, da sich Menschen und Tiere in ihnen längere Zeit aufhalten können, ohne Schaden zu nehmen. Kleine Belästigungen wie Hustenreiz können vorkommen. Es sind ausgesprochene Verbergungsnebel.

Man kann jedoch diesen Nebeln auch Reizstoffe beimischen, so daß Reiznebel entstehen, die dann schwer auf die Atmungsorgane, Augen usw. einwirken[2]). Man kann z. B. der Zinknebelmischung Chlorazetophenon beimischen, indem man kleine Mengen dieses Augenreizstoffes in dem Tetrachlorkohlenstoff auflöst, das dem Zinkstaub eingerührt wird. Beim Anzünden der Nebelmischung verdampft dann ein Teil des Reizstoffes und verleiht dem ursprünglich harmlosen Nebel eine außerordentliche Reizwirkung. Man kann die Reizstoffe aber auch in besonderen Behältern der Zinknebelmischung einlagern, so daß sie durch die Verbrennungswärme vergast werden. So hat man z. B. Blaukreuzkampfstoffe zu vernebeln versucht. Eine praktische Erprobung haben diese Reiznebel bisher nicht gefunden. Aber man muß mit ihrer Anwendung bei Luftangriffen wohl rechnen.

Ebenso wie bei den chemischen Kampfstoffen spielt die Witterung auch bei den künstlichen Nebeln eine große Rolle. Aber während dort die windstillen Tage bevorzugt wurden, sind bei Nebelangriffen schwache Winde notwendig, die den Nebel langsam über das zu tarnende Objekt hintreiben. Bei sehr ruhigem Wetter, mit Windstärken unter höchstens 2 m/sec. kann man also auf Kampfstoff- und Nebelangriffe rechnen. Bei stärkeren Winden ist ein Erfolg ausgeschlossen.

Regen schlägt die künstlichen Nebel bald nieder. Natürlicher Nebel ist von großem Vorteil, wie überhaupt reichlich Luftfeuchtigkeit vorhanden sein muß. Aber selbst das trockenste Hochsommerwetter reicht noch immer zur Nebelbildung aus.

Das Gelände spielt nur insofern eine Rolle, als es den Wind beeinflußt. Alle Faktoren, die die Windstärke verringern, sind für die Nebelbildung günstig. In Gebüschen, Bäumen, Wäldern, Getreidefeldern usw. bleiben die Nebelwolken gern hängen.

[1]) G. A. Richter, J. Ind. Eng. Chem. 13, 343 (1921).
[2]) U. Müller, Die chemische Waffe, 10. Aufl., 156, Berlin 1939.

Bei Luftangriffen können die künstlichen Nebel dazu dienen, dem Angreifer das Ziel zu verschleiern. Um die zu schützenden Objekte wie z. B. Wasser- und Elektrizitätswerke, Fabriken, Bahnhöfe usw. sind Vernebelungsanlagen aufgebaut. Nach erfolgter Meldung eines Luftangriffes werden unter Berücksichtigung der Windrichtung diejenigen Nebelapparate in Tätigkeit gesetzt, welche das zu tarnende Objekt verschleiern. Ob dieses Verfahren großen Wert haben wird, steht noch dahin, weil die zu zerstörenden Objekte dem Angreifer meistens schon gut genug bekannt sind und er sie auch trotz des Nebels finden wird. Viel brauchbarer lassen sich diese Tarnungsnebel zur Verschleierung von Truppenbewegungen verwenden, und darin wird wohl in Zukunft ihr Hauptwert bestehen.

Auch der angreifende Flieger kann sich der künstlichen Nebel bedienen. Er vermag durch Ausstoßen von Nebelwolken in größeren Höhen dem Gegner das Fliegen und Zielen etwas zu erschweren. Er kann in seinen eigenen Nebelwolken etwas Schutz finden. Aber allzuhoch wird man diesen Schutz auch nicht bewerten dürfen, weil die erzeugten Wolken einen viel zu geringen Durchmesser haben, als daß ein Flieger mit seinen großen Geschwindigkeiten sich darin lange verstecken könnte. Ob die Ausstoßung von Reiznebeln in hoher Luft auf den feindlichen Flieger eine Einwirkung ausüben wird, ist ebenfalls zweifelhaft. Schließlich kann der angreifende Flieger Nebelkerzen und Nebelbüchsen auf Großstädte und Industrieorte abwerfen, um die Bevölkerung zu stören. Aber selbst wenn er Reiznebelkerzen abwerfen würde, würde der tatsächliche Erfolg nur minimal sein und weit hinter der Wirkung von Explosiv- und Brandbomben zurückstehen.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen und bei dem heutigen Stande der Nebeltechnik werden diese Angriffsmittel wegen ihrer geringen Wirkung wohl kaum bei Luftangriffen Anwendung finden. Auch sie stehen, ebenso wie die chemischen Kampfstoffe im Luftkriege hinter den anderen Angriffsmitteln an Wirkung erheblich zurück.

V. Schutz gegen chemische Kampfstoffe

Von Professor Dr. **H. Carlsohn**

Chemische Kampfstoffe wirken in verschiedener Weise schädigend auf Menschen, Tiere, Pflanzen und alle Gegenstände, mit denen sie in Berührung kommen, ein. Schutzmaßnahmen müssen überall dort geschaffen werden, wo Schädigungen unbedingt vermieden werden müssen. In den Fällen, wo es unmöglich ist, geeignete Schutzmaßnahmen durchzuführen, muß der chemische Kampfstoff möglichst schnell entfernt werden, ohne daß hierbei durch das angewandte Entgiftungsverfahren weitere Schädigungen auftreten. Gasschutz und Entgiftung gehören daher eng zusammen und werden im folgenden, soweit als sie für den Luftschutz in Frage kommen, behandelt.

Gegen chemische Kampfstoffe müssen beim Menschen vor allem Augen, Atmungsorgane, die Haut, ferner seine Bekleidung sowie Gegenstände, mit denen er in Berührung kommt, geschützt werden. Der Schutz muß sich ebenso auf Lebensmittel erstrecken. Schutzmaßnahmen der gleichen Art gelten auch für Tiere.

A. Erkennung und Nachweis von chemischen Kampfstoffen

Die rasche Erkennung von Kampfstoffen, vor allem von kleineren Mengen, ist nicht einfach. Erschwerend ist vor allen Dingen, daß auch unreine technische Produkte, Kampfstoffgemische oder Kampfstoffe mit Zusätzen von Tarnungsmitteln Verwendung finden können.

Die Kampfstoffe besitzen meist einen charakteristischen Geruch und zeichnen sich durch spezifische physiologische Wirkungen aus. Der Geruch und die physiologische Wirkung sind zugleich die einfachsten und wichtigsten Erkennungsmittel. Die folgende Tabelle gibt eine Zusammenstellung:

Kampfstoffgruppe	physiolog. Wirkung	Geruch
Weißkreuz	Augenreiz	
Blaukreuz	Nasen- u. Rachenreiz	Apothekengeruch

Grünkreuz	—	Geruch nach faulem Heu (Phosgen)
	Augenreiz (Chlorpikrin)	Geruch: stechend (Chlorpikrin)
Gelbkreuz	—	Senf, Meerrettich (Lost) Geranien (Lewisit)

Zur Feststellung von Kampfstoffen werden nach Möglichkeit besonders ausgebildete Gasspürer eingesetzt. Sie sind in der Lage, die verschiedenen Gerüche zu unterscheiden. Außerdem stehen ihnen Mittel zur Verfügung, mit deren Hilfe besonders die Erkennung der Geländekampfstoffe erleichtert wird. In erster Linie sind zu nennen Spürpulver und Sudanpapier (oder Sudanwatte). Die beiden Mittel enthalten Farbstoffe, welche sich in Wasser nicht, wohl aber in öligen Gelbkreuztropfen mit intensiver Farbe auflösen und damit das Vorhandensein der betreffenden Kampfstoffgruppe anzeigen. Als weiteres Anzeigegerät für Kampfstoffe ist noch der sog. Gasanzeiger zu nennen (Abb. 1). Bei diesem Gerät werden mit Hilfe einer Luftpumpe größere Mengen von kampfstoffhaltiger Luft durch ein Reagensröhrchen gesaugt, in dem sich ein Adsorptionsmittel wie Kieselsäuregel, befindet. Dieses reichert den Kampfstoff an. Durch Zusatz eines spezifischen Reagenses, vor oder nach dem Durchsaugen der Luft, lassen sich Kampfstoffe nachweisen. Die Entwicklung dieses Gerätes geht auf Arbeiten von Dräger und Schröter[1])

Abb. 1

[1]) Gas- und Luftschutz **4**, 16 (1934).

zurück. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß es auch ein Gerät zum Anzeigen von Kohlenoxyd gibt.

Für genaue Untersuchungen liefern die Gasspürer Kampfstoffproben in den zuständigen Kampfstoffuntersuchungsstellen ab. Hier werden mit Hilfe geeigneter spezifischer und empfindlicher Reaktionen selbst sehr kleine Mengen von Kampfstoffen nachgewiesen und eventuell auch bestimmt.

Im allgemeinen können die Reaktionen zum Nachweis der Kampfstoffe in Gruppen zusammengefaßt werden:

1. Anreicherungsverfahren.
2. Hydrolysereaktionen.
3. Bromnachweisreaktionen.
4. Arsennachweisreaktionen.
5. Schwefelnachweisreaktionen.
6. Farbreaktionen.
7. Reduktions- und Oxydationsreaktionen.
8. Reaktionen, bei denen Kampfstoffe in schwerlösliche Additions- oder Substitutionsprodukte übergeführt werden.
9. Lösungsreaktionen.
10. Nachweisreaktionen, die auf Messung der Reaktionswärme beruhen.

Eine Reihe bekannter und neuerer Reaktionen ist im folgenden zusammengestellt.

1. Anreicherungsverfahren.

Die Verfahren dienen zur Steigerung der Empfindlichkeit der Nachweisreaktionen.

Aus wässeriger Lösung oder aus kampfstoffhaltiger Luft lassen sich Kampfstoffe an Aktivkohle, z. B. „Wasserleitungskohle Norit C, 0,8—1,2", adsorbieren. Das Verfahren spielt vor allem eine Rolle beim Nachweis und bei der Bestimmung von Kampfstoffen in Trinkwasser und Lebensmitteln[1]).

Aus kampfstoffhaltiger Luft läßt sich Kampfstoff auch gut mit Hilfe von Silikagel anreichern, Das Verfahren wird vor allem angewandt in dem Gasanzeiger von Dräger-Schröter[2]). (s. S. 108.)

2. Hydrolysenreaktionen.

Alle halogenhaltigen Kampfstoffe erleiden im Wasser eine Hydrolyse. Die Geschwindigkeit dieser Zersetzung ist für die einzelnen Kampfstoffe verschieden. Hierbei entstehen Halogenwasserstoffe, welche als starke Säuren mit Farbstoffindikatoren (z. B. Bromphenolblau) reagieren. Die

[1]) A. Tasman, Chem. Weekbl. **36** (1939), 786; J. J. van Eck, Pharm. Weekbl. **76** (1939), 1569; A. S. Jousma, Pharm. Weekbl. **77** (1940) 246.

[2]) H. P. Boddaert, Chem. Weekbl. **35** (1938), 709; Chr. Froger, Compt. rend. **209** (1939) 851.

Bildung von Halogenwasserstoffsäure kann auch mit Hilfe der elektr. Leitfähigkeitsänderung ermittelt werden[1]). In dem Polydetektor des Laboratoriums Kling[2]) werden alle halogenhaltigen Kampfstoffe bei 350° mittels Katalysatoren unter Bildung von Halogenwasserstoffsäuren hydrolysiert. Der Nachweis der gebildeten Säure kann dann zweckmäßig mit Bromphenolblau geführt werden[3]).

3. Bromnachweisreaktionen.

Aus den bromhaltigen Kampfstoffen wird das Brom mit Hilfe von Kaliumbichromat und konz. Schwefelsäure in Freiheit gesetzt, durch einen Luftstrom bei 100° aus dem Reaktionsgefäß gedrückt und auf Fluoreszeinpapier gebracht. Es entsteht Eosin-Rotfärbung[4]).

4. Arsennachweisreaktionen.

Neben den früheren Versuchen, Arsen mit Hilfe der Reaktionen von Marsh, Gutzeit und anderen nachzuweisen wird in den letzten Jahren, vor allem auch zur quantitativen Bestimmung, die Adsorption des Arsenkampfstoffs, z. B. aus wässeriger Lösung, an Aktivkohle empfohlen. Die Kohle wird nach der Adsorption zwischen Papier getrocknet, Kohle und Kampfstoff mit starken Mitteln oxydiert und die gebildete Arsensäure mit Hydrazinsulfat reduziert zu arseniger Säure. Diese wird in üblicher Weise mit Bromat titriert[5]).

5. Schwefelnachweisreaktionen.

Diese Reaktionen dienen zum Nachweis von Lost, dem einzigen schwefelhaltigen Kampfstoff. Der Kampfstoff wird aus kampfstoffhaltiger Luft oder kampfstoffhaltigem Wasser u. a. mittels Aktivkohle angereichert. Überführung des Kampfstoffs im Adsorbat in H_2S durch Behandeln mit Natrium[6]), durch Erhitzen mit Platin[7]) und Nachweis des Schwefelwasserstoffs mit Bleiazetat[8]) oder mit Silbermünze[9]). Lost läßt sich im Adsorbat an Kohle auch direkt nach Obermiller nachweisen[10]).

Es ist selbstverständlich, daß für diesen empfindlichen Nachweis sowohl die Aktivkohle als auch sämtliche Reagentien schwefelfrei sein müssen.

---

[1]) J. E. Gabreau, Usine **47** (1938), Nr. 46, 39.

[2]) G. F. Jaubert, Gaz combat. Défense pass. Feu Sécur **4**, (1938), 245; Fr. Volrap, Antigas **13** (1939), 375.

[3]) G. Kimpflin, Nature **1938 I**, 274.

[4]) J. J. van Eck und P. H. van Marle, Pharm. Weekbl. **77** (1940), 842.

[5]) E. Schulek und P. Rósza, Pharm. Zentralhalle **80** (1939), 553.

[6]) J. J. van Eck, Pharm. Weekbl. **76** (1939), 1569.

[7]) A. S. Jousma, Pharm. Weekbl. **77** (1940), 246.

[8]) J. J. van Eck, Pharm. Weekbl. **76** (1939); A. S. Jousma, Pharm. Weekbl. **77** (1940), 246.

[9]) A. Tasman, Chem. Weekbl. **36** (1939), 286.

[10]) M. Obermiller, Z. angew. Chem. **49** (1936), 163; G.-A. Schröter, Z. angew. Chem. **49** (1936), 164.

6. Farbreaktionen.

Farbstoffreaktionen sind vor allem mit Phosgen bekannt geworden, denn Phosgen spielt als Zwischenprodukt bei der Herstellung von Farbstoffen in der chem. Farbenindustrie in Friedenszeiten eine bedeutende Rolle.

Nachweis von Phosgen:

Mit Thymol bzw. o-Toluidin in 5%iger Kalilauge: Gelb- bzw. Rotfärbung[1]).

Mit 1-3-6-Nitroso-m-methylaminophenol und m-Äthylaminophenol in Xylol: grünliche Färbung.

Mit p-Dimethylamidobenzaldehyd in Alkohol und Diphenylamin: tieforange Färbung.

7. Reduktions- und Oxydationsreakionen.

Sie sind sehr zahlreich, da eine ganze Reihe der Kampfstoffe reduzierbar bzw. oxydierbar:

Lost: Entfärbung von Kaliumpermanganat. Jodabscheidung aus Jodsäure[2]).

Lewisit: Abscheidung von Osmium aus Osmiumsäure: Schwarzfärbung[3]).

Blaufärbung mit Kupfersulfat und Guajakharz[1]). Jodabscheidung mit Jodsäure[2]).

Arsenkampfstoffe: Entfärbung von Jodlösung.

Brombenzylzyanid: Überführung in Phenyläthylazetaldehyd[4]).

Chlor: Blaufärbung mit einer essigs. Lösung von Anilin und o-Toluidin.

Chlorpikrin: Bei Einwirkung von 50%iger Lösung von Dimethylanilin in Benzol und anschließendem Kochen nach Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd.

Phosgen: Jodausscheidung, auf Zusatz von 2%iger Lösung von Natriumjodid in Azeton.

8. Reaktionen, bei denen Kampfstoffe in schwerlösliche Additions- oder Substitutionsprodukte übergeführt werden:

Phosgen: Diphenylharnstoff auf Zusatz von Anilinwasser.

Lost: Jodlost mit Grignard-Reagenz. Orange schwerlösl. Additionsverbindung mit Goldchlorid. Dunkelfärbung der Goldchlorid-Anlagerungsverbindung auf Zusatz von Natriumthiosulfat oder anderen Schwefelverbindungen mit wenigstens einem abspaltbaren Schwefelatom[5]).

---

[1]) Ch. Berthelot, Chim. et Industrie **43** (1940), 91.

[2]) W. Stiller, Gasmaske **10** (1938), 89.

[3]) Chr. Froger: Compt. rend. **209** (1939) 351.

[4]) G. Beck, Pharm. Acta Helv. **13** (1939), 302; Protar **5** (1939), 40.

[5]) DRP. 692375; CBl. **1940 II**, 1820.

Lewisit: Silber-Azetylen nach Überführung in Azetylen.

9. Lösungsreaktionen:

Die ölartigen Kampfstoffe der Gelbkreuzgruppe lösen öllösliche Farbstoffe. Dieses Verhalten bildet die Grundlage für die Zusammensetzung der Spürpulver, des Sudanpapiers und der Sudanwatte.

Beispiele für die Zusammensetzung von neueren Spürpulvern[1]:

a) 3000 Teile Bimsteinmehl	b) 3000 Teile koll. Ton oder Bentonit
1000 „ Talk	1000 „ Talk
2—3 „ Indophenol	2—3 „ Viktoriablau.

10. Nachweisreaktionen, die auf Messung der Reaktionswärme beruhen.

Die unter starker Wärmebildung verlaufende Reaktion zwischen Lost und Chlorkalk läßt sich z. B. auch in der Weise verwenden, daß man Chlorkalk in ein dünnwandiges Gebilde einschließt, welches für Gelbkreuz durchlässig aber für Wasser undurchlässig ist[2]).

Riechprobenkästen und Geruchsprüfkästen.

Zur Ausbildung der Gasspürer, vor allem zur Schulung des Geruchssinnes stehen Riechprobenkästen und Geruchsprüfkästen zur Verfügung[3]).

In den Riechprobenkästen befinden sich in Flaschen mit besonders hierfür geeigneten Verschlüssen kleine Mengen von echten Kampfstoffen (Abb. 2).

In den Geruchsprüfkästen sind eine Reihe harmloser Stoffe zusammengestellt und zwar: Eisessig, Formaldehyd, Benzol, Benzylchlorid, Benzaldehyd, Phenol, Kampfer, Zimmtöl, Zitronenöl[4]) (Abb. 3).

B. Schutz der Augen und der Atmungsorgane

Der vollständige Schutz der Augen und der Atmungsorgane wird erreicht mit Hilfe der Gasmaske. Die Zuführung des für die Atmung notwendigen Sauerstoffs kann auf dreifache Weise erfolgen.

1. Durch Zuführung der an sich vergifteten Luft, wobei die Luft vorher ein Filter passiert, in welchem die chem. Kampfstoffe zurückgehalten werden (Filtergeräte).
2. Durch Zuführung von Sauerstoff aus einem Sauerstoffbehälter (Sauerstoffschutzgerät).
3. Durch Zuführung von Frischluft aus einem Gebiet, in dem die Luft nicht durch Kampfstoffe vergiftet ist, mit Hilfe eines langen Schlauches (Frischluftgeräte).

[1]) FP. 853020 CBl. **1940** II, 1538.
[2]) CBl. **1939** I, 4002; DRP. 673184.
[3]) von der Heide, Gas- und Luftschutz **10**, 15 (1940).
[4]) Siehe hierzu Stampe, Großkopf, Drägerhefte **201**, 4096 (1939).

Abb. 2

Abb. 3

Aus den folgenden allgemeinen Erörterungen ist leicht zu entnehmen, welche der 3 Arten im Einzelfall zur Anwendung kommt. Der Mensch verbraucht beim Atmen Sauerstoff und produziert dafür Kohlensäure und Wasser. In der Lunge bleibt immer ein gewisser Luftbestand von etwa 2,8—3 Liter zurück (Residualluft). Mit jedem Atemzuge werden bei Ruhe und leichter Arbeit etwa 0,3—0,6 Liter Luft (Zusammensetzung: 21 % Sauerstoff, 0,03 % Kohlensäure) eingeatmet und hierauf etwa 0,3—0,6 Liter Luft (Zusammensetzung: 17 % Sauerstoff, 4 % Kohlensäure) ausgeatmet. Der Sauerstoffgehalt der einzuatmenden Luft darf 15—17 % auf die Dauer nicht unterschreiten.

Filtergeräte können daher dort angewandt werden, wo der Sauerstoffgehalt der Luft mindestens 15 % beträgt. Sauerstoffschutzgeräte kommen in den übrigen Fällen zur Verwendung. Jedoch werden sie nur dann mit Erfolg benutzt werden können, wenn der Kohlensäure-Sauerstoffbilanz der Lunge im Gerät richtig Rechnung getragen wird.

I. Filtergeräte

Das wichtigste Filtergerät ist die Gasmaske. Sie besteht aus dem Maskenkörper und dem Atemfilter.

1. Grundsätzliches zum Bau des Maskenkörpers

Die Maske ist in 2 grundlegend verschiedenen Arten entwickelt worden: als Rahmenmaske und als Haubenmaske. Während man vor einigen Jahren noch glaubte, daß nur die Rahmenmaske in Frage käme, ist mit der Konstruktion der deutschen Volksgasmaske VM 37 der Typ der Haubenmaske in vollem Umfange zur Anerkennung gekommen.

In allen Fällen besteht die Maske aus einem gasdichten Stoff, in welchem die Augengläser, der Filteranschluß und die Tragbinde gasdicht befestigt sind.

Bei der Rahmenmaske schließt ein Rahmen, der über Stirn, Schläfen, Wangen und unter dem Kinn verläuft und durch eine sinnreiche Kopfbänderung dicht anliegt, den Maskenkörper ab. Bei der Haubenmaske wird der gasdichte Abschluß nicht durch Rahmen und Bänderung, sondern durch die Haube bewirkt.

Als Maskenstoff verwendet man Leder, Gummi, Gummistoff oder Zellon.

Leder muß durch Tränken mit Öl gasdicht gemacht werden. Das hierzu erforderliche Ölgemisch muß die Gasdichtigkeit auch bei wechselnden klimatischen Verhältnissen gewährleisten, es darf beim Lagern nicht veränderlich sein, nicht schmutzen. Gummi wird entweder als solcher oder zum Schutz vor Beschädigung mit Trikotstoff (Gummistoff) überzogen oder zwischen feste Gewebe gelagert (dublierter Stoff) verwandt.

Die Augengläser sind entweder aus Zellon oder aus nichtsplitterndem Glas (Triplex- oder Trifoliumglas). Im Handel sind Masken mit einem großen Fenster (Rundfenster-Maske) und solche mit 2 kleineren Fenstern (Brillenmaske). Die letzteren wiederum sind entweder rund oder eiförmig. Die Form ist von großem Einfluß auf das Gesichtsfeld. Im besten Fall überblickt der Maskenträger etwa 75 % des Gesichtsfeldes (wichtig für Motorradfahrer). Das Beschlagen der Gläser mit Feuchtigkeit durch Wassertröpfchen wird durch Verwendung von „Klarscheiben"[1]) in hervorragender Weise behoben. Es sind Zelluloid-Gelatinescheiben, welche unter „Quellung" eine größere Menge Wasser aufnehmen können, ohne dabei undurchsichtig zu werden. Um bei Brillenträgern dichtes Anliegen der Gasmaske zu gewährleisten, müssen Brillenbügel durch Brillenbänder ersetzt werden (M-Brillen).

Durch eine sinnreiche verstellbare Bänderanordnung über den Kopf und um den Nacken des Maskenträgers gelingt es, den elastischen Rand des Maskenkörpers längs der Backen, oberhalb der Augenbrauen und unterhalb des Kinnes vollkommen gasdicht zu halten. Die elastischen Teile der Bänder sind aus Spiralfedern oder aus Gummi.

Die Ohren brauchen nicht geschützt zu werden. Bei Ohrenerkrankungen können die Ohren mittels eines mit Öl oder Vaseline getränkten Wattebausches verschlossen werden.

Trotz der Verschiedenheiten der Größe und Form des Gesichtes der in Frage kommenden Maskenträger kann man mit einer einzigen Maskengröße etwa 80 % aller Maskentragenden versorgen. Für besonders große Personen kommt eine „Über"- für besonders kleine eine „Untergröße" in Frage.

Der Atemvorgang unter der Maske wird beeinflußt durch den Atemwiderstand des Filters, den Totraum der Maske und das sog. Maskenklima.

Unter Atemwiderstand verstehen wir den Widerstand, den die Luft beim Durchgang durch das Filter in Gestalt von Stauung und

[1]) Das DRP. 669170 (K. Eyrainer) sieht die Verwendung von mehreren verschieden dicken Gelatineschichten und Anwendung von Gelatinesorten verschiedener Härte vor. Außerdem können nach diesem Patent Stoffe zugesetzt werden, welche die Wasseraufnahme der Gelatine erhöhen bzw. vermindern.

Das E. Pat. 503834 (W. H. Moos) verwendet hydrotrope Zellulosederivate (d. h. solche, welche in Wasser unlöslich, dagegen in einem Gemisch von organischen Flüssigkeiten und Wasser löslich sind) z. B. besteht eine solche Überzugsmasse:

aus	20	Teilen	hydrotrop. Zelluloseazetat
	100	„	Wasser
	40	„	Azeton
	50	„	Glykolmonomethyläther.

Reibung zu überwinden hat. Er wird um so größer, je größer die Atemgeschwindigkeit ist. Im allgemeinen mißt man den Atemwiderstand bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 30 l/min.

Der Totraum[1]), d. h. der Raum, der zwischen Gesichtsoberfläche und der inneren Oberfläche der Gasmaske — und beim Einwegatmen und zum Teil beim Fehlen eines E-Ventils einschließlich des Atemfilters — besteht, füllt sich wenigstens teilweise mit ausgeatmeter, d. h. sauerstoffarmer, feuchter, kohlensäurereicher Luft. Beim erneuten Einatmen bringen wir erst diese Luft zum großen Teil in unsere Lunge; da diese aber sauerstoffärmer als frische Luft ist, benötigen wir eine größere Menge Luft. Wir müssen daher mehr Luft einatmen, haben also eine um so größere Atemarbeit zu leisten, je größer dieser Totraum ist. Nachteilig wirkt dabei der höhere Gehalt an Kohlensäure noch insofern, weil diese zu gesteigerter Atemtätigkeit anregt. Es ist also anzustreben, den Totraum möglichst klein zu machen. Während der Totraum bei der deutschen Heeresmaske des Weltkrieges noch etwa 890 ccm war, haben die neuesten Gasmasken einen Totraum von nur noch etwa 250 ccm.

2. Grundsätzliches über Filterwirkung

Die Wirkungsweise der Filtergeräte besteht, wie eingangs erwähnt, in einer Filtration, d. h. in der Trennung verschiedener Stoffe voneinander.

Wenn beispielsweise eine trübe Zuckerlösung filtriert wird, dann wird durch das Filtertuch die Verunreinigung zurückgehalten, während die klare Zuckerlösung abläuft. Wenn wir in gleicher Weise eine mit Kampfstoffen vergiftete Luft filtrieren wollen, dann müssen wir erreichen, daß das Filter das Giftgas zurückhält und die Luft in völlig „gereinigter" Form durchläßt.

Es versteht sich von selbst, daß eine derartig gereinigte Luft noch die zur Atmung nötige Menge Sauerstoff, das sind mindestens 15%, enthalten muß. Und damit erkennen wir zugleich einen Nachteil aller Filtergeräte. Glücklicherweise ist im Freien wohl immer damit zu rechnen, daß diese Grundbedingung erfüllt ist. Auch in abgeschlossenen Räumen läßt es sich bei einiger Belüftung erreichen, daß die Filtergeräte benutzbar sind. Das Filtergerät spielt daher im Luftschutz die wichtigste Rolle. Dazu kommt noch, daß es im Gegensatz zu den übrigen Schutzgeräten verhältnismäßig preiswert in der Beschaffung und Anwendung ist.

Wie die Filtration durchgeführt wird, hängt ganz von der Natur des

[1]) Siehe hierzu R. Sauer, „Totraumfragen". Die Gasmaske **12**, **49** (1940). Durch Messung des CO_2-Gehaltes, der sich bei der Beatmung des Gasschutzgerätes mit der künstl. Lunge ergibt, läßt sich der Mindestwert für den Totraum des Gerätes ermitteln.

betreffenden Kampfstoffes ab. Die beste Methode wäre zweifellos die „chemische Methode", welche darauf beruht, schädliche Stoffe im Filter auf chemischem Wege in unschädliche umzuwandeln. Sie hat aber den Nachteil, daß unter Umständen für jeden Kampfstoff ein spezifisches Zerstörungsmittel benötigt wird. Erschwerend kommt hinzu, daß manche Kampfstoffe chemisch ziemlich widerstandsfähig sind.

Trotz mancher Nachteile spielt deshalb die „physikalisch-chemische Methode" die größere Rolle. Sie besteht darin, daß der Giftstoff von einem Filtermaterial nicht vernichtet, sondern nur festgehalten wird (Adsorption).

Während aber im ersten Falle, d. h. bei der chemischen Vernichtung, der Kampfstoff entweder vollständig zerstört oder zumindest so fest gebunden wird, daß er nicht wieder frei wird, kann es in einigen allerdings wenigen Fällen bei der physikalisch-chemischen Methode vorkommen, daß der festgehaltene (adsorbierte) Kampfstoff auf Grund irgendwelcher Vorgänge wieder abgegeben wird. Man spricht von rückläufigen (reversiblen) und nicht rückläufigen (irreversiblen) Vorgängen.

Es hat sich gezeigt, daß dieses „physikalisch-chemische" Festgehaltenwerden eines Kampfstoffes in erster Linie davon abhängt, in welchem Zustand sich der Kampfstoff befindet. Ist der Kampfstoff gasförmig, so wird er im allgemeinen (s. u.) festgehalten, liegt er jedoch als Schwebstoff, d. h. in Form sehr kleiner Tröpfchen oder fester Teilchen (Nebel oder Rauch) vor, dann wirkt ein solches Filter nicht: der Kampfstoff „geht durchs Filter". (Da früher die Filtereinsätze kein „Schwebstofffilter" enthielten, nannte man Kampfstoffe in Nebel- und Rauchform in heute überholter Weise Maskenbrecher, s. S. 63.) Kampfstoffe in Schwebstofform müssen daher auf andere Weise im Filter zurückgehalten werden.

Auf Grund dieser Tatsachen ist man gezwungen, als Kampfstofffilter ein sog. Mehrstoffilter zu verwenden, um die verschiedenen Kampfstoffe im Gas- und Schwebstoffzustande zurückzuhalten.

Das „Atemfilter" bildet mit der „Maske" das „Filtergerät". Das Atemfilter ist entweder klein und direkt an die Maske angeschraubt (S-Filter, VM-Filter), oder es ist größer und dann durch einen „Atemschlauch" mit der Maske verbunden (Filterbüchse).

3. Das Aktivkohlefilter

Die sog. Aktivkohle hat im Kampfstoffilter die Aufgabe, die gasförmigen Kampfstoffe zu adsorbieren. Sie kommt in Körnern von etwa 1,5—3 mm Durchmesser zur Anwendung.

Das eigenartige Verhalten der Kohle[1]) im Filtereinsatz ist schon vielfach untersucht worden. Es ist seit langem bekannt, daß die aus

[1]) Siehe U. Hofmann, W. Lemcke, Gasmaske **5**, 129 (1933).

dem Blut hergestellte Tierkohle dazu benutzt werden kann, um gefärbten Lösungen den verunreinigenden Farbstoff zu entziehen. Auch für andere Zwecke hat man in neuerer Zeit Kohle verwendet, z. B. zur Wiedergewinnung von Lösungsmitteln aus Abgasen. Diese Fähigkeit der Kohle, Stoffe (in molekularer Verteilung), vor allem Gase, festzuhalten, zu adsorbieren, ist durch die Technik mit Hilfe besonderer Herstellungsverfahren in erstaunlicher Weise gesteigert worden[1]. So vermag eine gute Gasmaskenkohle bis zu 60% ihres Gewichtes an Tetrachlorkohlenstoff aus einem Luftgemisch zu adsorbieren, welches nur 0,002 g pro Liter Luft von dem genannten Stoff enthält.

Die Aktivität einer derartigen Kohle wird nicht, wie man zunächst annehmen könnte, dadurch erzielt oder gesteigert, daß man Fremdstoffe, wie z. B. anorganische oder organische Verbindungen zusetzt, denn man kann solche aktive Kohle von diesen Bestandteilen befreien, ohne daß die Adsorptionseigenschaften der Kohle geschmälert werden. Vielmehr ist der elementare Kohlenstoff selbst der Träger dieser Eigenschaft.

Man gelangt auf verschiedenen Wegen zu solchen aktiven Kohlen. Die technische Erfahrung hat gezeigt, daß man zur Erzielung einer hohen Aktivität die Verkokung organischer Substanzen bei möglichst tiefer Temperatur vornehmen muß und dafür Sorge zu tragen hat, daß die Körner möglichst locker werden. Man erreicht das z. B. nach dem „Chlorzinkverfahren"[2], indem man dem Ausgangsmaterial Chlorzink zusetzt und dieses nach der Verkokung wieder herauslöst. Oder man läßt während der Bildung Wasserdampf, Kohlensäure oder Abgase auf die Kohle einwirken[3].

Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, warum mit Hilfe der von der Technik beschrittenen Wege aktive Kohlen entstehen.

Danach ist die Aktivität abhängig von der Größe der Oberfläche der in dieser Kohle enthaltenen Graphitkristalle. Die Kristallflächen der Graphitprismen zeigen hierbei nicht die gleiche Adsorptionsfähigkeit. Die Vermutung von U. Hofmann[4], wonach das aufzunehmende Gas nur an den Seitenflächen der Prismen und nicht an den Basisflächen aufgenommen wird, ist in der letzten Zeit von Wolf und Riehl mit Hilfe von radioaktiven Indikatoren bestätigt worden[5].

Mit Hilfe von Untersuchungen mit Röntgenstrahlen hat man weiter feststellen können, daß auch in dem äußerst feinen Ruß kleine Graphit-

[1] Krezil, „Herstellung von aktiver Kohle", in: Kolloidzeitschrift **68**, 381 (1934).

[2] RDP. 517428. Trans. Faraday Soc. **34** (1938) 1040.

[3] Z. B. DRP. 517316. S. hierzu auch: Stampe, Wissensch. Mitt. des Drägerwerks: Chem. Filtermassen und akt. Kohle, Heft 4 (1934).

[4] Hofmann, Z. angew. Chem. **44**, 841 (1931).

[5] Wolf und Riehl, Gas- und Luftschutz **2**, 164 (1932).

kriställchen vorliegen. Der Ruß ist somit keine besondere Form des Kohlenstoffs. Der Unterschied zwischen Graphit und Ruß besteht lediglich darin, daß im Ruß die Kristalle so klein sind, daß sie nicht ohne weiteres mit dem Auge sichtbar sind. Jedes kleine Körnchen Ruß stellt aber immerhin noch nicht einen einzigen Kristall, sondern eine Aneinanderreihung (Aggregation) von vielen noch kleineren Kriställchen dar. Es ist leicht verständlich, daß die Gesamtoberfläche der vielen kleinen Kristalle bei dieser Anhäufung nach außen hin wieder zum großen Teil verschwindet, denn die Kriställchen legen sich mit ihren Oberflächen derartig fest aneinander, daß die Gesamtoberfläche der Kristalle, die in dem Rußkörnchen enthalten sind, nicht mehr voll zur Geltung kommt. Aus diesem Grunde zeigt gewöhnlicher Ruß nicht die Aktivität, die man auf Grund seiner äußerlich feinen Verteilung erwarten sollte.

Man muß bei der Darstellung einer aktiven Kohle dafür Sorge tragen, daß zwar kleine Kristalle entstehen, daß aber das Zusammenballen zu Kristallaggregaten vermieden wird, oder man muß Verfahren anwenden, durch welche die größeren Kristalle in kleinere aufgespalten werden. Die so gebildeten Kohleteilchen sind nun aber, äußerlich betrachtet, merkwürdigerweise nicht noch feiner wie Ruß, sondern haben, wie oben erwähnt, einen Durchmesser von 2—3 mm[1]. In diesen Kohleteilchen sind die Kriställchen zu einem lockeren Gefüge derart gebunden, daß auch im Inneren dieser Körner alle Oberflächen dieser kleinen Kriställchen erreichbar sind. Die Körner weisen also sehr viele Poren auf, durch die der aufzunehmende Stoff eindringen kann, während die Poren im Ruß außerordentlich eng sind.

Mit Hilfe der oben angeführten technischen Verfahren ist man in der Lage, aktive Kohlen herzustellen, welche die ungeheuer große innere Oberfläche von 300 qm[2] bis 1000 qm[3] pro 1 g haben. Wenn demnach in einem Filtereinsatz etwa 100 g aktive Kohle vorhanden sind, hat man mit einer Gesamtoberfläche bis zu 100000 qm zu rechnen.

Ob und in welchem Umfange ein Gas oder Dampf durch eine derartige aktive Kohle adsorbiert wird, hängt im wesentlichen vom Dampfdruck der betreffenden Substanz bei der Adsorptionstemperatur bzw. von der kritischen Temperatur ab[4]. Dazu kommt noch, daß der Dampfdruck eines Stoffes in den engen Poren der Kohle (wie überhaupt in Kapillaren) erniedrigt wird. Allgemein kann man sagen, daß das Aufnahmevermögen der Kohle für Gase und Dämpfe mit fallendem Dampfdruck und zunehmender kritischer Temperatur wächst. In der folgenden

[1] Siehe hierzu Krezil und Wejroch, Abhängigkeit des Festhaltungsvermögens von der Korngröße der aktiven Kohle, Kolloidzeitschrift **67**, 163 (1934).

[2] Hückel, Adsorption und Kapillarkondensation, S. 77 (1928).

[3] Lamb, Wilson, Chaney, Ind. Eng. Chem. **11**, 420 (1919).

[4] Hloch, Gasschutz und Luftschutz **3**, 180 (1933).

Tabelle sind eine Reihe wichtiger Stoffe nach ihrem Dampfdruck und ihrer kritischen Temperatur geordnet[1]).

	Dampfdruck bei 20° in mm Quecksilber	Kritische Temperatur
Luft	—	— 140,7
Kohlenoxyd	—	— 139,5
Kohlendioxyd	44 700	+ 31,1
Schwefelwasserstoff	14 150	+ 100
Ammoniak	6 390	+ 132,4
Chlor	5 031	+ 141
Zyan	3 800	+ 128,0
Schwefeldioxyd	2 460	+ 158
Phosgen	1 082	+ 182
Äther	442	—
Xylylbromid	80	—
Chlorpikrin	18,2	—
Dichlordiäthylsulfid	0,115	—
Chlorazetophenon	0,013	—

In dieser Reihenfolge werden die Stoffe auch von der Kohle zurückgehalten, vorausgesetzt, daß nicht katalytische oder chemische Wirkungen, die z. B. durch den Wassergehalt der Kohle bedingt sein können, eine Rolle spielen[2]). Weiterhin gilt diese Abhängigkeit vom Dampfdruck fast ausschließlich für homöopolare oder nur wenig ionisierbare Stoffe, während heteropolare saure oder basische wie Salzsäure, Salpetersäure, Blausäure, Ammoniak und andere schlecht adsorbiert werden[3]).

Die Tabelle zeigt ferner, daß die zum Atmen notwendige Luft sehr schlecht adsorbiert wird, während Kampfstoffe wie z. B. Lost (Gelbkreuz) leicht aufgenommen werden. Man sieht aber auch, daß besonders das giftige Kohlenoxyd fast ebensowenig wie Luft von der Kohle zurückgehalten wird. Daraus ergibt sich, daß wir die gasförmigen heteropolaren Stoffe, wie basische und saure Stoffe, sowie das Kohlenoxyd auf anderem Wege entfernen müssen. Alle diese mit Ausnahme des Kohlenoxyds

[1]) Siehe hierzu Remy, Z. angew. Chem. **46**, 101 (1933); Verstraete, Naturwet. Tijdschr. **21**, 205 (1940) (dort weitere Angaben über Dampfdruck von Kampfstoffen).

[2]) Bei Chlor und Phosgen spielen Oberflächenadsorption, Kapillarkondensation und Hydrolyse eine wechselnde Rolle, bei dem sehr wasserbeständigen Chlorpikrin nur Adsorption und Kondensation. Unterschiede bestehen auch hier noch zwischen wasserdampfaktivierter und Zuckerkohle. (Siehe Bardan, Scarlatescu, Bull. Soc. chim. France, Mém. [5] **6**, 46 (1939); CBl. **1940** I, 1787.)

[3]) Hloch, a. a. O.

entfernen wir durch chemische z. B. alkalische Zusätze. Kohlenoxyd läßt sich jedoch nur auf komplizierte Weise aus der Luft „filtrieren" (s. S. 127).

Die Aufnahme gasförmiger Kampfstoffe durch die Kohle hängt von der Temperatur[1]) und dem etwa vorhandenen, mitunter beträchtlichen Wassergehalt der Kohle ab. Mit steigender Temperatur ist der Dampfdruck des aufzunehmenden Kampfstoffes größer und damit seine Aufnahmefähigkeit durch die Kohle geringer. Ein zu großer Wassergehalt[2]), also beispielsweise der Aufenthalt in sehr feuchter Luft, verringert ebenfalls die Aufnahmefähigkeit der Kohle für einen Kampfstoff[3]).

Das aufzunehmende Gas wird von der Kohle nicht gleichmäßig, sondern schichtweise[4]) adsorbiert, und zwar so, daß die äußere, d. h. die der Mundschicht entgegengesetzte Seite, sich zunächst am stärksten mit Gas belädt und die dem Mund zugewandte Kohleschicht die geringste Menge Kampfstoff enthält. Die weitere Sättigung der Kohle erfolgt dann derart, daß von außen her Schicht um Schicht immer stärker belegt wird, aber immer so, daß die Beladung nach der Mundschicht zu immer geringer bleibt.

Die aufgenommenen Kampfstoffe bleiben nun nicht fest an der Stelle, an der sie zunächst von der Kohle gebunden worden sind, sondern lösen sich von einer Stelle, um sich an einer anderen wieder abzusetzen, d. h. die Konzentrationsunterschiede gleichen sich mit der Zeit aus (isotherme Destillation). Dazu kommt noch folgendes: Solange die Maske in Benutzung ist, geht durch das Filter mit dem aufgenommenen Kampfstoff ein Luftstrom[5]). Unter dessen Einfluß geben die adsorbierten Gasteilchen leichter ihren ursprünglichen Platz auf als im ruhenden Filter. Unter Umständen kann aus diesen Gründen der Fall eintreten, daß bei einer bestimmten Gaskonzentration das der Mundschicht zunächst gelagerte Giftgas in Freiheit gesetzt wird. Es würde in das Innere der Maske gelangen und mit eingeatmet werden. Ebenso wird die ausgeatmete Luft bei der „Pendelatmung" (s. S. 130) eine gewisse Menge Kampfstoff aus den äußeren Schichten wieder teilweise herausspülen können. Dieser „Spüleffekt" führt also auf der einen Seite dazu, daß das Filter schon unbrauchbar wird, noch ehe die gesamte Kohle verbraucht ist, anderer-

[1]) Krezil und Wejroch, Über das Dampfhaltungsvermögen aktiver Kohle, Kolloidzeitschrift **68**, 29 (1934).

[2]) Stampe, Wissenschaftl. Mitt. d. Drägerwerkes, Heft 4: „Chem. Filtermassen u. akt. Kohle", Lübeck 1934.

[3]) Siehe Engelhard und Pütter, Z. f. Elektrochemie **39**, 687 (1933).

[4]) Mecklenburg, Z. f. Elektrochemie **31**, 483 (1925).

[5]) Siehe hierzu Krezil und Wejroch, Abhängigkeit der zurückgehaltenen Dampfmenge von der Strömungsgeschwindigkeit des Austreibgases, Kolloidzeitschrift **67**, 161 (1934).

seits trägt er aber auch zur Verlängerung der Gebrauchsdauer bei, weil die Ausatemluft einen Teil des Gases wieder fortspült[1]).

Die Gebrauchsdauer der Kohleschicht ist um so kürzer, je höher der Gehalt der Luft an Kampfstoff ist.

Wichtig ist aber nach den obigen Darlegungen, daß das Filter beim Durchbruch der ersten Gasmengen durch das Filter noch nicht völlig erschöpft ist. Es tritt vielmehr nach dem ersten Durchbruch geringer Mengen von Kampfstoff nur ein ganz allmähliches Ansteigen zu höheren Konzentrationen ein. Man hat also noch genügend Zeit, das Filter durch ein neues zu ersetzen. Der Durchbruch wird vom Maskenträger um so eher festgestellt, je leichter der Kampfstoff physiologisch erkannt werden kann.

4. Das Schwebstoffilter

Die Aufnahme von Stoffen durch die aktive Kohle ist, wie bereits gesagt worden ist (s. S. 117), von der Größe der Teilchen dieser Stoffe abhängig. Die kleinsten Teilchen eines Gases haben durchschnittlich einen Durchmesser von etwa 10^{-8} cm. Lagern sich mehrere Moleküle zusammen, dann entstehen mehr oder weniger große flüssige oder feste Teilchen (Nebel, Rauch, Staub). Bis zu einer Größe von etwa 10^{-7} cm werden auch diese größtenteils von der aktiven Kohle zurückgehalten[2]). Die Fähigkeit, festgehalten zu werden, hängt mit der den Molekülen oder kleinen Teilchen innewohnenden Eigenbewegung zusammen. Das beifolgende Bild (Abb. 4) demonstriert, wie die verschieden großen Teilchen sich verhalten. Die Teilchen bis zu 10^{-7} cm kommen während ihrer sehr kurzen Verweilzeit im Filter dank ihrer Eigenbewegungen, welche etwa 0,01 cm/sec beträgt, rasch an die Oberfläche des Filters. Größere dagegen sind weniger beweglich und müssen daher durch komplizierte Wegführung an das Filtermaterial gebracht werden, während wieder sehr große siebartig zurückgehalten werden.

Die Teilchen, die zu der zweiten Gruppe gehören, haben einen Durchmesser von 10^{-4} bis 10^{-7} cm. Es sind die sog. „Aerosole". Gerade diese haben aus den soeben abgeleiteten Gründen während des Krieges als sog. „Maskenbrecher" eine außerordentliche Rolle gespielt. Ihre wichtigsten Vertreter sind die Blaukreuzkampfstoffe. Während des Weltkrieges hat man einen immerhin weitgehenden, aber keineswegs vollständigen Schutz gegen diese Maskenbrecher im sog. „Schnappdeckel" gehabt. Dieser bestand aus einer Zellstoffscheibe von etwa 44 qcm wirksamer Fläche, die vor dem Kohlefilter festgeklemmt wurde. Die Schutz-

[1]) Über die Aufnahmefähigkeit von Filtern für verschiedene Stoffe siehe Rumpf, Gasschutz S. 36 (1932).

[2]) Von der Kohle werden Teilchen bis zur Größe von etwa 50 μμ durchgelassen. (Siehe Hloch, Gas- und Luftschutz 3, 182 (1933).

wirkung des Schnappdeckels gegen den Blaukreuzkampfstoff Diphenylchlorarsin erwies sich in besonderem Maße abhängig von der Größe der Teilchen. Dies geht aus Versuchen von Freundlich[1]) hervor (s. folgende Tabelle)[2]).

Radius der Teilchen cm	Durch das Filter gelassener Anteil des Diphenylarsinchlorids in %
Unter 0,000 005	52,4
0,00 001—0,00 002	87,6
0,00 003—0,00 004	93,9
0,00 004—0,00 008	4,2
über 0,00 008	0,0

Abb. 4. Wirkungsweise von Atemfiltern bei Staub, Rauch, Nebel und Gasen.

Gase kommen infolge ihrer sehr großen Eigenbewegung auch bei weiten Poren an die Filterwandung.

Rauch und Nebel werden in den Porenverästelungen zurückgehalten.

Staub wird mechanisch wie auf einem Sieb zurückgehalten.

Teilchen mit einem Radius von etwa 0,00001—0,00004 cm wurden also fast vollkommen durch den Schnappdeckel durchgelassen, und wenn unsere damaligen Feinde in der Lage gewesen wären, diesen Kampfstoff im Krieg zu verwenden, wären die deutschen Truppen trotz des Schnappdeckels unter Umständen in Gefahr gekommen.

In der Nachkriegszeit ist sehr viel an der Lösung dieses Problems, nämlich am Schutz gegen die Aerosole gearbeitet worden.

[1]) Freundlich, Kapillarchemie II, 807 (1932).

[2]) Moderne Schwebstoffilter liefern Schutz gegen alle Teilchengrößen, so daß in diesem Zusammenhang das Wort „Maskenbrecher" gegenstandslos ist.

An die Stelle des Schnappdeckels ist das „Schwebstoffilter" getreten[1]). Es besteht aus einem möglichst langfasrigen feinporigen Stoff (Filz, Watte, Filtrierpapier[2])). Seine Schutzwirkung, aber damit auch der Atemwiderstand, wächst mit der Dicke des Filters. Wichtig ist die Randdichtung des Filters, weil von deren Güte die Brauchbarkeit des Filters abhängt. Zu diesen Materialien ist in allerneuster Zeit als Baustoff die Daunenfeder gekommen[3]).

Die Trägermassen des Schwebstoffilters können mit chem. Stoffen getränkt sein[4]).

Das Schwebstoffilter der Auergesellschaft ist ein Kammerfilter[5]) (Abb. 5). Es ist in einem Raum von 10,5 cm Durchmesser und 3 cm Höhe untergebracht und besteht aus besonderem Filtrierpapier, welches in Stärke von 1,5—2 mm in zehnfacher ziehharmonikaartiger Anordnung in dem 266 ccm fassenden Raume eingebaut ist. Man erhält auf diese Weise eine Filterfläche von etwa 700 qcm, im Gegensatz zum Schnappdeckel, bei dem, wie oben erwähnt, die Filterfläche nur 44 qcm betrug[6]).

Abb. 5

[1]) Siehe hierzu Engelhard, Gas- und Luftschutz 2, 91, 138, 139 (1932); Stampe, Gas- und Luftschutz 2, 116 (1932); Redlinger, Gas- und Luftschutz 2, 38 (1932).

[2]) Geeignet sind auch Gemische von anorg. und organ. Fasern, z. B. 80% Baumwollflocken, 20% Asbestwolle, z. B. E. E. Kahlmann, Dän. P. 55487.

[3]) Siehe Stoltzenberg-Filter; ferner Reg. Percy Howes (E. P. 487777, CBl. **1939** I 1417) imprägniert Federn oder Daunen mit Kienruß.

[4]) Z. B. Tränkung der Fasern mit Paraffin, Belg. P. 435140, CBl. **1940** II, 1486, Behandlung mit Arsentrioxyd, Kolophonium und Phenol, Belg. P. 433839, CBl. **1940** II, 1485; poröse Trägerstoffe, die chlorierend wirkende Stoffe wie Chloramid enthalten, Drägerwerk, DRP. 692242 (CBl. **1940** II, 1485).

[5]) DRP. 482939.

[6]) Das DRP. 689212 (Drägerwerk) beschreibt eine quer zur Strömung gelagerte gefaltete Filterschicht, welche von einem Mantel umschlossen ist. Der Mantel besteht aus luftundurchlässigem Stoff, der im fl. Zustand an die Filterschicht angegossen oder im formbaren Zustand angepreßt wird.

Das Schwebstoffilter der Firma Dräger (Abb. 6, 7) dagegen bestand aus einer weich-elastischen Schicht langfaseriger wollartiger Masse. Seit einigen Jahren jedoch ist dieses Schwebstoffiltersystem verlassen worden zugunsten eines Schwebstoffilters mit größerer Oberfläche, welches in ringförmigen Falten in einem etwas niedrigerem Raume angeordnet ist, als ihn früher die eine Schwebstoffilterschicht einnahm. Das Ringfilter besteht im wesentlichen aus einer Schwebstoffiltermasse (vgl. Abb. 8)[1]).

Über die Wirkungsweise des Schwebstoffilters kann man sich vor allem in Anlehnung an die interessanten Beobachtungen von Redlinger[2]) etwa folgendes Bild machen:

Die Abscheidung der Schwebstoffe soll im Innern der Filterschicht erfolgen. Das verwendete Filtermaterial enthält eine außerordentlich große Zahl von sehr feinen Röhren (Kapillaren), in die die Schwebstoffe eindringen und dann an irgendeiner Stelle aufgehalten werden. Sind die Schwebstoffteilchen größer als die Öffnungen der Kapillaren, dann kommt es bereits auf der Oberfläche des Filters zu einer Ablagerung und damit zu einer nicht erwünschten Erhöhung des Atemwiderstandes und schließlich zu einer Verstopfung. Man wird daher, um das feine Kapillarensystem für die kleineren Schwebstoffteilchen zu erhalten, dem eigentlichen Schwebstoffilter noch ein Vorfilter, etwa aus lockerer Wolle vorschalten, von dem die gröberen Teilchen zurückgehalten werden. Als Beispiele für verschiedenes Verhalten seien die beiden Stoffe Clark I und Adamsit angeführt. Clark I gibt beim Verschwelen kleinere Teilchen als der leicht kristallisierende Adamsit. Clark I dringt deshalb in das Schwebstoffilter weit tiefer ein als Adamsit. Adamsit scheidet sich großenteils schon im wesentlichen auf der Oberfläche des Filters ab und führt zur Verstopfung. Aus diesem Grunde ist die Anbringung eines weniger dichten Vorfilters gerade bei Adamsit sehr zweckmäßig.

Auf der andern Seite wird ein Schwebstoffilter gegen die Schwebstoffe, welche größere Teilchen bilden, bei solchen hohen Kampfstoff-

Abb. 6.

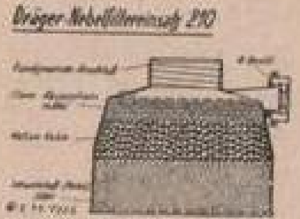


Abb. 7.

Abb. 8.

[1]) DRP. 427796, Tränkung mit bakteriziden Stoffen, Belg. P. 435141 (CBl. **1940** II, 1486).

[2]) Redlinger, Gas- und Luftschutz 2, 263 (1932).

konzentrationen verwendbar sein, wo kleine Schwebstoffteilchen infolge zu starker Konzentration durchschlagen.

Mit der Untersuchung der Filtration von Schwebstoffen haben sich eine ganze Reihe von Fachleuten befaßt. Derartige Untersuchungen sind verhältnismäßig schwierig. Nach den kürzlich erschienenen Arbeiten von H. I. Born und K. G. Zimmer[1]) scheint die Anwendung der Methoden der radioaktiven Indikatoren sehr geeignet zu sein. So stellten die beiden Forscher am Kammerfilter 89 (Auergesellschaft) fest, daß die zurückgehaltenen Schwebstoffteilchen gleichmäßig über die ganze Filterfläche verteilt sind.

5. Das chemische Filter

Das chemische Filter enthält Stoffe, welche etwaige durch das Kohle- und Schwebstoffilter durchgegangenen Kampfstoffe zurückhalten sollen. Saure Gase können z. B. durch Pottasche, Reste von Phosgen durch Urotropin, Blausäure durch Kupfer-, Zink- oder Quecksilbersalze gebunden werden. Von Bedeutung für eine gute Wirksamkeit ist die zweckmäßige Verteilung der betreffenden Chemikalien im Filter. Die Firmen Dräger und Auer imprägnieren Diatomit, ein aus Kieselgur hergestelltes sehr poröses Ziegelmaterial, mit den entsprechenden Chemikalien[2]).

6. Das Kampfstoffilter

Aktivkohle und Schwebstoffilterstoff sind die wichtigsten Filtermassen des Kampfstoffilters. Zur Vervollständigung des Filterschutzes ist noch eine chemisch wirkende Filtermasse untergebracht, welche die Aufgabe hat, diejenigen Giftstoffe zu binden, welche weder durch Aktivkohle noch durch das Schwebstoffilter vollständig zurückgehalten werden.

Während der Atemwiderstand des Schnappdeckels nur etwa 3—4 mm WS/30 l/min betrug, ist der Atemwiderstand eines modernen Schwebstoffilters etwa 22 mm. Durch ein Ausatemventil läßt sich der Widerstand beim Ausatmen wesentlich verringern (vgl. S. 130).

Für den Luftschutz sind 2 verschiedene Kampfstoffilter eingeführt und vorgeschrieben: das S-Filter und das VM-Filter.

Das S-Filter ist ein Mehrschichtenfilter; die verschiedenen Filtermassen sind in Schichten angeordnet. Beim VM-Filter ist[3]) eine be-

[1]) Die Gasmaske 12, 25 (1940).

[2]) Ein anderer Weg wird im DRP. 664042 (Stoltzenberg) beschrieben. Die Filtermasse besteht danach aus reaktionsfähigen kristallwasserh. Salzen und porösen Trägern. Die Salze werden in feinster Körnung mit erhärtenden Bindemitteln wie Zement, Gips in Ggw. von Wasser in der zum Abbinden nötigen Menge gemischt und vor Erhärtung in zweckmäßige Körnung übergeführt. Z. B. Herstellung einer Masse aus 80 g Gips und 50 g Kupfersulfat.

[3]) Mielenz, Gas- und Luftschutz 9, 46 (1939). F. Bangert, Chem. Bemerkungen zur deutschen VM-Maske, Angew. Chem. 51, 209 (1938).

sonders feinkörnige Aktivkohle gleichmäßig verteilt zwischen einer Fasermasse, welche als Schwebstoffilter dient. Der Atemwiderstand des VM-Filters wurde außerdem noch dadurch herabgesetzt, daß man den Querschnitt des Filtereinsatzes verkleinert und den Durchmesser vergrößert hat.

Das VM-Filter und vor allem das S-Filter sind Filter hoher Leistungsfähigkeit. Beide Filter sind allen Fällen, für welche sie Verwendung finden, gewachsen. Selbstverständlich darf weder von diesen wie von keinem anderen erwartet werden, daß sie unbegrenzte Lebensdauer besitzen. Die für die größere Leistungsfähigkeit in der Industrie geschaffenen sog. Filterbüchsen sind für den Luftschutz nicht vorgesehen.

7. Kohlenoxydfilter

Die bisher besprochenen Filter schützen gegen alle Kampfstoffe und Giftgase, außer Kohlenoxyd. Da die eingesetzten Kräfte des Sicherheits- und Hilfsdienstes, insbesondere im Werkluftschutz z. B. bei Zerstörung von Gasleitungen Kohlenoxyd ausgesetzt sein können, müssen auch Filter gegen dieses Gas vorhanden sein.

Für dieses Gas war der geeignete Filterstoff nicht einfach zu finden. Es sind im Laufe der Zeit eine Reihe Wege eingeschlagen worden. Alle haben das gleiche Ziel: Oxydation des Kohlenoxyds zu Kohlendioxyd. So hat man u. a. Mischungen[1]) von Kupferchlorür mit Tannenholzkohle, Bimsstein und Natronkalk, sowie Jodpentoxyd[2]) und Schwefelsäure, ferner Kaliumpermanganat[3]) vorgeschlagen.

In den deutschen Kohlenoxydfiltern wird eine amerikanische Erfindung verwertet: Die Verbrennung des Kohlenoxyds auf „kaltem Wege" durch trockne, kompliziert zusammengesetzte Mischungen von Schwermetalloxyden. Es handelt sich hierbei um eine Katalysatorwirkung, bei der der zur Verbrennung nötige Sauerstoff in eine besonders reaktionsfähige Form übergeführt wird.

Die Zusammensetzung einer solchen Mischung (Hopcalite) ist etwa folgende: 50% Braunstein, 30% Kupferoxyd, 15% Kobaltoxyd, 5% Silberoxyd (Hopcalite I) oder 60% Braunstein und 40% Kupferoxyd (Hopcalite II)[4]).

Man muß allerdings für völligen Ausschluß von Feuchtigkeit Sorge tragen. Nicht nur die ursprünglich in der Luft vorhandene Feuchtigkeit

[1]) Piutti, Giorn. di chim. ind. ed appl. 5, 70 (1923).

[2]) Desgrez, Guillemard, Hemmerdinger, Labat, Chim. et Ind. 6, 536 (1921); Guillemard, Frenker, DRP. 348649.

[3]) DRP. 332731.

[4]) Lamb, Bray und Frazer, I. Ind. a. Engin. Chem. 12, 213 (1920).

ist zu entfernen, sondern auch das durch katalytische Verbrennung von eventuell vorhandenem Wasserstoff, Methan und Kohlenwasserstoffen gebildete Wasser. Eine derartige Verbrennung dieser Stoffe tritt dann ein, wenn bei der Kohlenoxydverbrennung die Temperatur der Masse steigt. Um die hierdurch etwa auftretenden Nachteile zu beseitigen, kann man[1]) abwechselnd Katalysatorschicht und Trockenmittel in dünnen Schichten anordnen. Es ist dann anzunehmen, daß die Verbrennung der wasserstoffhaltigen Substanzen in der ersten Katalysatorenschicht stattfinden wird, da diese vermutlich die höchste Temperatur besitzt.

Als Trockenmittel hält man Aluminiumoxyd, Kalziumchlorid, Zinkchlorid und Magnesiumperchlorat für geeignet[2]). Das bei der kalten Verbrennung gebildete Kohlendioxyd kann schließlich durch Natronkalk aus der nunmehr entgifteten Luft entfernt werden. Hat das Trockenmittel nicht mehr die Fähigkeit, die Luftfeuchtigkeit restlos zu binden, so ist auch die Oxydation des Kohlenoxyds nicht mehr vollständig. Um festzustellen, ob das Filter noch wirksam ist, hat man also immer zu prüfen, ob die Katalysatorschicht noch genügend trocken ist. Dies kann dadurch geschehen, daß man in einer Warnschicht einen Stoff unterbringt[3]) (Abb. 9), der mit dem eventuell vorhandenen Wasser chemisch unter Bildung eines neuen Stoffes reagiert, der schon in sehr geringen Mengen einen intensiven Geruch besitzt. Geeignet ist in diesem Fall z. B. das bekannte Kalziumkarbid, welches mit Wasser reagiert und das stark riechende Azetylengas bildet. Praktisch hat man also das geruchlose Wasser durch das stark riechende Azetylen ersetzt und kann somit beim Auftreten dieses markanten Geruchs sagen, daß Wasserdampf vorhanden ist und somit auch die Oxydmischung nicht mehr in der Lage sein wird, das Kohlenoxyd restlos zu vernichten (Degea-Kohlenoxydfilter). In ähnlicher Weise kann man auch Nitride, z. B. Mg_3N_2 verwenden, welche mit Wasser unter Bildung von stechend riechendem Ammoniak reagieren[4]).

Man kann jedoch auch ohne diesen „Geruchsanzeiger" feststellen, ob das Trockenmittel noch wirksam ist. Durch besondere Einrichtungen läßt sich erreichen, daß das Trockenmittel mit steigender Wasseraufnahme seinen Atemwiderstand ziemlich rasch vergrößert. Nach diesem Prinzip arbeitet das Dräger-Kohlenoxydfilter (Abb. 10). Während das Filter anfangs einen Atemwiderstand von nur etwa 20 mm WS (bei

[1]) Smolczyk, Die Gasmaske 5, 97 (1933). DRP. 391630.

[2]) Blumer, Engelder, Silverman, Ind. engin. Chem., analytical Edition 4, 339 (1932). Das E. P. 499038 sieht eine Schicht von $CaCl_2$ und $ZnCl_2$, eine weitere von geschmolzenem $ZnCl_2$ auf porösem Träger (Aktivkohle) und eine dritte von $Mg(ClO_4)_2$ vor.

[3]) Smolczyk, Die Gasmaske 5, 97 (1933). DRP. 391630.

[4]) DRP. 560572, 575874.

30 l/min) Durchgangsgeschwindigkeit hat, steigt der Widerstand bei zunehmender Anreicherung der Trockenschicht mit Wasser auf das 4—5fache des Anfangswertes. Das Filter soll nicht mehr verwendet werden, wenn der Atemwiderstand 50 mm WS ist. Bei diesem Widerstand schützt das Filter aber noch vollständig gegen Kohlenoxyd.

Wenn nach diesen Erörterungen die Wirkungsdauer des Kohlenoxydfilters allein von der Güte der Katalysatorschicht und des Trockenmittels abhängen würde, dann würde man das Gerät um so länger benutzen können, je trockner die einzuatmende Luft ist[1]).

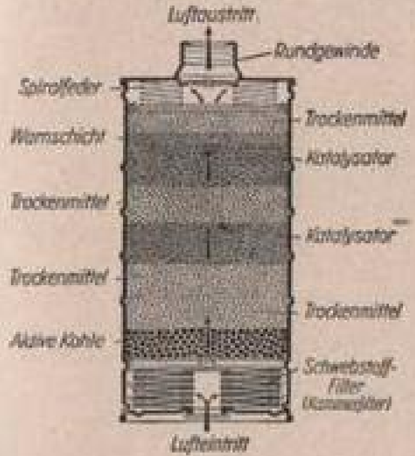


Abb. 9. Degea-CO-Filter

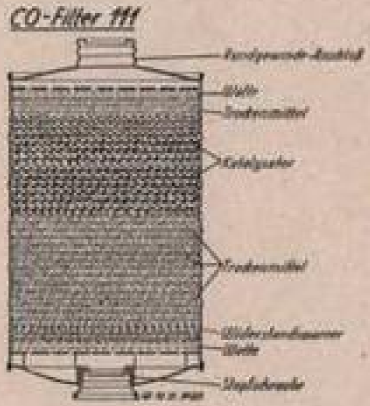


Abb. 10. Dräger-CO-Filter 101

Bei einer Durchschnittsfeuchtigkeit von etwa 15 g Wasser pro Kubikmeter Luft kann man das Filter etwa 12 Stunden benutzen. Nur bei größerem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, der sich dadurch kenntlich machen würde, daß Geruch nach Azetylen oder Vergrößerung des Atemwiderstandes zu bemerken ist, würde das Gerät vor der angegebenen Zeit unbrauchbar werden.

Allerdings ist das Wasser nicht der einzige Feind des Katalysators. Gewisse Gase, vor allem Schwefelwasserstoff, Blausäure, machen mit der Zeit den Katalysator ebenfalls unwirksam. In diesen Fällen würde man keine Andeutung dafür verspüren, daß der Katalysator verbraucht ist. Auch aus diesem Grund soll die zeitliche Begrenzung von 12 Stunden nicht überschritten werden.

[1]) Siehe hierzu F. Bangert, Protar 4, 150 (1938); H. Muschenborn, Dräger-Hefte 1938, 3959.

8. Steuerung der Atemluft in Filtergeräten

a) Einweg- und Zweiwegatmung.

Beim Durchgang der Luft durch das Filter ist ein gewisser Atemwiderstand zu überwinden, und zwar sowohl beim Einatmen wie beim Ausatmen (Abb. 11). Der Atemwiderstand steigt mit der Länge des Filters und mit der Durchgangsgeschwindigkeit. Die normale Durchgangsgeschwindigkeit ist etwa 30 l/min[1]).

Die folgende Tabelle gibt eine kleine Zusammenstellung von Atemwiderstandswerten fabrikneuer Filter[2]).

Atemwiderstand fabrikneuer Filter

S-Filter	22—24 mm WS bei 30 l/min
SM 60	22—24 mm
S—CO-Filter Nr. 86	22 mm
Glimmerventil	5— 6 mm
Auer-CO-Büchse 64	8 mm.

Mit Erhöhung des Atemwiderstandes steigt der Energieverbrauch des Trägers außerordentlich. Während die Filtereinsätze mit Schnappdeckel noch ohne Ventil benutzbar waren, ist durch die Einführung der Schwebstofffilter und der Filterbüchsen die Anbringung eines Ventils notwendig geworden.

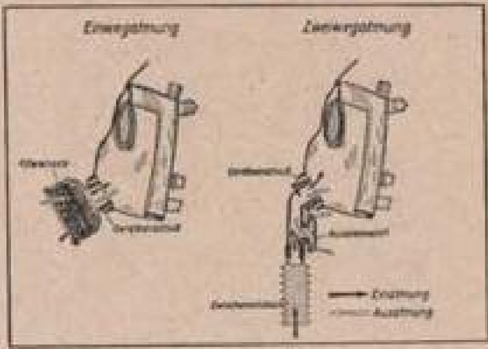


Abb. 11. Wege der Atemluft

Ein solches Ausatemventil kann an verschiedenen Stellen der Maske angebracht werden, entweder an dem Maskenkörper selbst, am Mundring, an einem Zwischenstück zwischen Maskenkörper und Atemfilter oder am Atemfilter selbst. Im Auer-Hochleistungsfilter 89V (Abb. 5) ist es so gelagert, daß die Mittellinie des Filters direkt hindurchgeht. Beim Dräger-Nebelfilter 210 (Abb. 7) ist es seitlich angebracht.

---

[1]) Die Gasmaske 11. 28 (1939).

[2]) Für die Berechnung des Widerstandes in Filtern hat neuerdings Swiderek (Przemysl. chem. 22. 497 (1938) folgende Formel angegeben:

$$r = 7{,}85 \times 10^{-4} \cdot \frac{V^{1.29}}{D^{2.38}} \sum_{n}^{1} \frac{h}{100} \cdot \frac{a_{1} \ldots n}{d_{1} \ldots} .$$

Es bedeuten: r = mm WS, V = Luftmenge/min, D = Durchmesser der Zylinder, h = Dicke der Filterschicht in mm, d = Durchmesser der Körner in mm, a = %-Gehalt an Teilchen im Durchmesser d.

Durch die Anbringung des Ausatemventils hat man erreicht, daß der Atemwiderstand praktisch nur einmal, nämlich bei der Einatmung zu überwinden ist, während die Ausatmung fast widerstandslos durch das Ventil erfolgt.

Durch Verwendung eines Ausatemventils verhindert man gleichzeitig auch, daß die in der Ausatemluft vorhandenen Stoffe, Kohlendioxyd und Wasserdampf, auf das Filter einwirken. Diese verkürzen die Gebrauchsdauer des Filters wesentlich. Außerdem würden sie bei erneutem Einatmen zum Teil wieder in die Einatemluft gelangen und diese damit erheblich verschlechtern.

Man benutzt also die Zweiwegatmung beim S-Filter und VM-Filter, um die Filterfüllung durch die feuchte Ausatemluft nicht nachteilig zu beeinflussen und um den Atemwiderstand zu erniedrigen.

Dagegen bevorzugt man die Einwegatmung, wenn der Eintritt der genannten Nachteile nicht zu befürchten ist, und zwar auch dann, wenn vorwiegend chemische Filterschichten vorliegen, weil deren Wirksamkeit günstig durch Feuchtigkeit beeinflußt wird[1]).

b) Ausatemventil.

Das Ausatemventil muß beim Einatmen absolut verschlossen bleiben, umgekehrt aber beim Ausatmen sofort die Ausatemluft möglichst ohne Widerstand ins Freie entweichen lassen.

Wir kennen das Glimmer- und das Gummiventil.

Das Glimmerventil. Die Konstruktion des Glimmerventils ist sehr einfach. Ein dünnes Glimmerscheibchen wird durch eine außerordentlich feine Feder auf die Ventilöffnung gedrückt und schließt diese völlig ab. Das Glimmerscheibchen liegt beim Auer-Ventil auf Metall, beim Dräger-Ventil zum Teil auf Metall, mitunter auch auf Hartgummi, beim Stoltzenberg-Ventil dagegen auf Weichgummi. Die Gummiauflage scheint sich besonders bei tieferen Temperaturen zu bewähren, weil bei kurze Zeit außer Betrieb gesetzten Masken die Gefahr des Zufrierens geringer ist als bei Metall. Gummi hat jedoch kürzere Lebensdauer: die Ventilscheibe kann „kleben".

Das Ventil ist zum Schutz gegen mechanische Zerstörung in einem kleinen Gehäuse untergebracht. Man bezeichnet das Ventil als dichtsitzend, wenn ein Unterdruck von 105 mm WS hinter dem Ventil innerhalb von 15 Sek. bis höchstens 55 mm WS sinkt.

Kleine Undichtigkeiten sind meist bedingt durch kleine mikroskopische Unebenheiten auf dem Ventilsitz. Sie verschwinden im allgemeinen bei 2—3mal Anhauchen[2]).

Das Glimmerausatemventil hat als Ausatemventil bei der S-Maske Anwendung gefunden und sich jederzeit sehr bewährt.

---

[1]) Gasmaske 12. 24. (1940)

[2]) Gasmaske 11. 83 (1939).

Das Gummiventil. Das Gummiventil ist infolge des Materialunterschiedes zwischen Glimmer und Gummi anders gebaut als das Glimmerventil. Beim Degea-K-Ventil Nr. 9 ist das Gummiplättchen an drei Stellen auf dem Rand des Ventils befestigt. Beim Ausatmen wird das Gummiplättchen bis auf die drei Punkte, an denen das Ventil befestigt ist, gehoben, und die Luft entweicht. Nach der Ausatmung schnellt der Deckel sofort wieder zurück und schließt das Gerät völlig von der Außenluft ab. Die Lebensdauer vor allem dünnwandiger Gummikörper ist jedoch verhältnismäßig gering.

Neben dieser Konstruktionsart ist bei der VM-Maske ein Gummiausatemventil einfachster Bauart vorgesehen. Trotz der großen Einfachheit (Lippenventil) sind mit ihm sehr gute Erfahrungen gemacht worden.

c) Einatemventil.

Neben den verschiedenen Gummiausatemventilen ist das Gummieinatemventil der S-Maske und der VM-Maske noch zu nennen. Dieses Ventil läßt nur die Einatemluft durch und ist beim Ausatmen praktisch dicht geschlossen.

Abb. 12. S-Maske

9. Die S-Maske

a) Beschreibung. Seit dem Weltkriege sind eine Reihe ausgezeichneter Filtergeräte in den Handel gebracht worden, welche für Luftschutzzwecke in bester Weise geeignet sind. Allerdings bestehen bei diesen zum Teil Unterschiede hinsichtlich des Baues und des Materials. Sie sind sowohl dadurch bedingt, daß die Entwicklung bei den einzelnen Firmen zu verschiedenen Lösungen des Problems geführt hat, als auch dadurch, daß die Ausführung dem jeweiligen, vor allem auch industriellen Verwendungszweck angepaßt worden ist.

Um etwaige Verwirrung auszuschließen, ist die S-Maske geschaffen worden. Die S-Maske ist vorgeschrieben für den Sicherheits- und Hilfsdienst, für die Einsatztruppen der Werkluftschutzbetriebe und für die Betriebsfeuerwehren des erweiterten Selbstschutzes. Die S-Maske entspricht allen Anforderungen auf dem Gebiete des Luftschutzes. Sie wird von den in Frage kommenden Firmen in gleicher Weise hergestellt und durch das Verkaufsbüro „Vesma" vertrieben (Abb. 12).

Alle bis jetzt gemachten Erfahrungen sind bei ihr verwertet. Der Maskenkörper besteht aus vier Lagen Stoff, und zwar: Zeltstoff, Gummi, dünnem Perkalstoff und einer Gummischutzschicht. Die Zeltstofflage befindet sich auf der Außenseite der Maske. Die Gummischutzschicht

erleichtert die Reinigung der Maske im Innern. Dichtrahmen aus Velourleder, Bänderung mit Spiralen aus nicht rostendem Stahl gewähren richtigen Sitz der Maske. Am Dichtrahmen befindet sich eine verstellbare Kinnstütze. Die Augengläser sind aus Zellon und können ausgewechselt werden. Unter dem Rundgewinde befindet sich das Glimmer-Ausatemventil, welches gleichzeitig als Abfluß für angesammeltes Wasser dient. Im Rundgewinde (Dichtring) ist das Gummiplättchen-Einatemventil.

Gegenüber der ersten Konstruktion sind in der letzten Zeit einige sehr bemerkenswerte Verbesserungen an der S-Maske angebracht worden.

Eine fest eingebaute Vorkammer mit Vorkammersieb schützt das Ausatemventil gegen Verschmutzung von außen. Außerdem sorgt das engmaschige Sieb dafür, daß in der Vorkammer die Vermischung der ausgeatmeten Luft mit der giftstoffhaltigen Außenluft nur allmählich erfolgt, so daß im Fall von kleinen Undichtigkeiten des Ausatemventils beim Einatmen nur die Luft der Vorkammer entnommen wird.

Ein festeingelegter Kantenschützer im Innern der Maske bewahrt den Maskenträger beim Hinfallen oder Stoßen vor Verletzungen der Lippe und Zähne usw. durch das Anschlußstück.

Für S-Masken der ersten Lieferung, welche diese zusätzlichen Einrichtungen noch nicht enthalten, können diese nachträglich ohne weiteres angebracht werden.

Um ein besseres Tragen der umgehängten Maske zu ermöglichen und gleichzeitig die Maske vor Beschädigung zu schützen, ist eine Hochknöpfvorrichtung für die S-Maske geschaffen worden. Sie besteht aus einem 6 cm langen und 2 cm breiten Gurtband, welches mit dem einen Ende am mittleren Stirnband der Gasmaske angenäht ist und am anderen Ende ein Knopfloch aufweist, und einem Metallknopf, welcher am Tragband der Maske in etwa 20 cm Entfernung vom Dichtrahmen befestigt ist[1]).

Soll die S-Maske mit einem Sauerstoffschutzgerät verbunden werden, dann ist zunächst das Gummiplättchen des Einatemventils zu entfernen. Von dem Atemschlauch des Sauerstoffschutzgerätes ist der Verschlußdeckel abzuschrauben und dicht auf das Ausatemventil der S-Maske zu setzen.

b) Lagerung der S-Maske

Das für den Maskenkörper verwendete Material kann bei ungeeigneter Pflege mehr oder weniger Schaden erleiden. Gummistoffmasken sollen zweckmäßig nicht zusammengelegt in der Bereitschaftsbüchse, sondern in der Lage, in der sie im Ernstfall getragen werden, am besten in einem Schrank vor Staub geschützt, aufbewahrt werden.

Zur Erhaltung der Form des Maskenkörpers und zur Vermeidung der Bildung von Knickstellen dient der Maskenspanner. Dieser besteht

[1]) Siehe hierzu Gasmaske 11, 142 (1939).

aus einem Federbügel, an dem zwei aus starkem Aluminiumblech bestehende Spannstücke (Stirnteil und Kinnteil) beweglich angebracht sind. Zum Gebrauch setzt man unter Zusammendrücken zuerst den Stirnteil, dann den Kinnteil ein. Das Herausnehmen des Maskenspanners erfolgt in umgekehrter Folge.

Zur Erhaltung der Elastizität des Maskenkörpers wird empfohlen, diesen von Zeit zu Zeit „durchzukneten".

Filtereinsätze dürfen nur in Räumen gelagert werden, welche kühl und trocken sind.

Verschlußkappe und Ölschutzblatt des Filters dürfen erst kurz vor dem Gebrauch entfernt werden, da nur dann für die Güte des Filters garantiert werden kann. Es liegen zwar Beobachtungen vor, wonach auch von diesem Schutz befreite Filter noch gute Filtereigenschaften selbst nach Jahren aufgewiesen haben, doch ist dann eine besonders sorgfältige Lagerung unbedingt erforderlich.

c) Reinigung

Die Maske ist nach dem Gebrauch innen feucht und muß daher, um Verschimmelung, Verstockung und Verrostung der einzelnen Teile des Maskenkörpers zu vermeiden, mit einem Baumwoll- oder Leinenlappen innen trocken gewischt werden. Unzulässig ist beschleunigtes Trocknen über einem Heizkörper oder in der Sonne. Äußerlich kann man vorhandenen Schmutz nach dem Trocknen mit Bürsten und Lappen vorsichtig entfernen. Um an alle Stellen der Maske (z. B. unter den Rahmen) zu kommen ist es zweckmäßig, sich einen Span herzurichten, der an einer Seite spitz ist und an der anderen Seite etwa ½ cm breit ist. Um diesen wird der Reinigungslappen gewickelt. Der aus Leder bestehende Dichtrahmen kann mit Benzin gereinigt werden. Klarscheiben sollen bei der Reinigung nicht berührt werden.

d) Desinfektion

Um die Übertragung ansteckender Krankheiten auszuschließen, müssen die Masken desinfiziert werden. Ein ideales Desinfektionsmittel, welches trocken zur Anwendung kommen kann und sehr rasch wirkt ohne das Material des Gerätes zu zerstören, ist bisher noch nicht gefunden worden. Am besten bewährt sich zur Zeit Formaldehydgas, welches jedoch nur in Gegenwart von Wasserdampf desinfizierend wirkt.

Das Formaldehydverfahren bietet eine wirkliche Entkeimung und besteht darin, daß man in einem Raum, in dem die Masken aufgehängt sind, Formaldehyd entwickelt und die Dämpfe längere Zeit einwirken läßt. Zweckmäßig löst man hierzu ein Gemisch von Paraform und Soda in Wasser und setzt Kaliumpermanganat zu. Es entwickeln sich reichlich Dämpfe von Formaldehyd. Für einen Raum von der Größe eines Zimmers, also etwa 3 × 5 × 3 m, mischt man in einem Glas- oder Tongefäß (nicht Holz) von etwa 8 l Inhalt 400 g Paraformsoda mit 1,2 l Wasser und setzt auf einmal 1 kg Kaliumpermanganat zu.

Will man sich behelfsmäßig einen Raum zur Entseuchung herrichten, so verwendet man vorteilhaft Holzkisten, welche innen mit Packpapier gut ausgekleidet werden. Der Rauminhalt ist zweckmäßig etwa 1 cbm, da die hierfür bestimmten Chemikalpackungen für 1 cbm berechnet sind[1]).

Nach erfolgter Desinfektion ist für gute Lüftung zu sorgen. Der Nachteil des Verfahrens liegt in der großen Einwirkungsdauer von mindestens 6—8 Stunden.

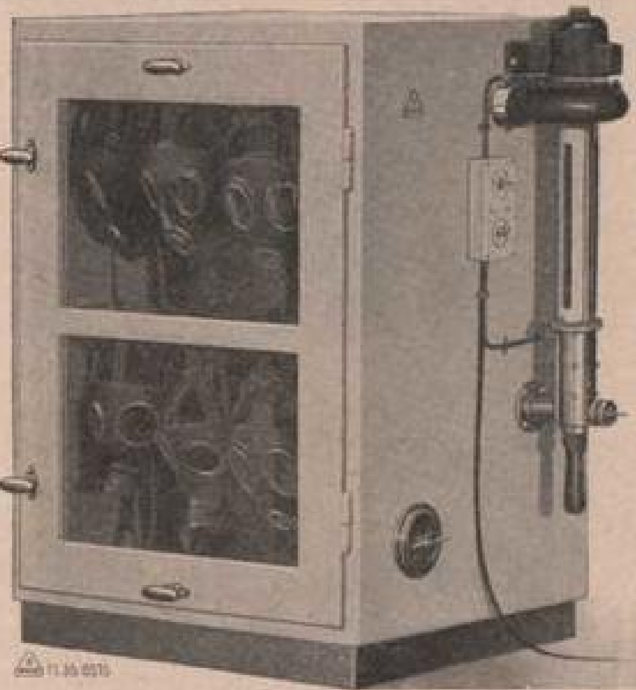


Abb. 13.

Sehr zweckmäßig ist die Desinfektion in dem Desinfektionsschrank der Firma Dräger[2]) (Abb. 13). Hier wird Formaldehyd aus 40%iger Formalinlösung durch elektrische Heizung verdampft. Es entsteht gleichzeitig der zur Desinfektion notwendige Wasserdampf. Um die Dauer abzukürzen wird das Gemisch durch einen Ventilator in Bewegung gehalten. Nach etwa 1 Stunde erfolgt Abkühlung und Entlüftung. Der Rest des stechend riechenden und die Schleimhäute reizenden Formaldehyds wird durch eine kleine Menge Ammoniak auf Grund der Gleichung

[1]) Siehe Die Gasmaske **11**, 55 (1939).
[2]) Hetzel, Dräger-Gasschutz **1937**, 100.

$$6CH_2O + 4NH_3 = (CH_2)_6N_4 + 6H_2O$$

in völlig geruchloses und unschädliches Hexamethylentetramin verwandelt.

Ist das Formaldehydverfahren nicht durchführbar, so wendet man eine „desinfizierende Reinigung" an. Bekannt ist z. B. das Chinosolverfahren. Man läßt die Masken nach Entfernen des Filters und der Klarscheiben in einer Chinosollösung (1:1000 oder 1:500) 1—2 Stunden liegen, wäscht dann unter Zuhilfenahme eines Tuches gründlich mit Wasser von etwa 25° und trocknet schließlich an der Luft.

Unter Umständen können auch andere nichtätzende Desinfektionsmittel verwendet werden: wie Chloramin, Lysoform, Wasserstoffsuperoxyd. Von der Benutzung des Sublimats ist aus verschiedenen Gründen, vor allem wegen der Giftigkeit, dringend abzuraten.

Abb. 14.

10. Die Volksgasmaske (VM 37)

a) Beschreibung

Die VM ist vorgeschrieben für den passiven Teil der Bevölkerung, für die Selbstschutzkräfte, für Betriebe des erweiterten Selbstschutzes (außer der Feuerwehr, s. S. 132), für die Auffüllgruppen und Gefolgschaftsmitglieder der Werkluftschutzbetriebe.

Die VM besteht[1] aus einem haubenförmigen elastischen Gummistück mit Augenfenstern, Anschlußstück für den Filtereinsatz und dem Ausatemventil. Das Anschlußstück enthält einen Dichtring, ein Gummiplättchen als Einatemventil und einen Saugring. Es dient zum Einschrauben des Filters (Abb. 14).

Die Augengläser sind aus Zellon und innen mit Klarscheiben versehen. Das Ausatemventil ist ein Lippenventil (s. S. 132).

Aufbau und Form des Filters sind schon behandelt worden (s. S. 126).

Die Maske wird in 4 Größen hergestellt, für Männer (M), Frauen (F), Kinder (K) und Übergröße (M-Ue).

[1]) Siehe hierzu Dräger-Gasschutz **1937**, 15.

b) Lagerung

Die VM wird in dem hierzu vorgesehenen VM-Karton gelagert. Die Kartons werden entsprechend den 4 Maskengrößen M, F, K und M-Ue in 4 Größen hergestellt. Etwa 30 komplette Ausstattungen sind wiederum in einem besonderen Karton verpackt. Bei der Aufbewahrung der VM in der Wohnung des Eigentümers ist sie vor Sonnenbestrahlung, Ofenwärme, Feuchtigkeit und Staub zu schützen. Die in der Pappschachtel vorgesehenen Pappenstücken: Einlage, Spannstück, Abstandhalter und Ventilhülse sind für die sachgemäße Aufbewahrung der Maske von Bedeutung und daher ebenso sorgfältig wie die Maske selbst zu behandeln. Vor allem gewährleisten das sog. Spannstück, welches gleichzeitig den Filtereinsatz in zweckmäßiger Lage hält, sowie die Ventilhülse, welche das Ventil schützt, eine lange Haltbarkeit der Maske[1]). Häufige, aber schonende Benutzung erhält die Elastizität des Gummis und trägt zur Verlängerung der Lebensdauer der Maske bei. Übermäßige Dehnung des Gummis muß dabei aber soweit als möglich vermieden werden.

c) Reinigung nach Gebrauch.

Die Reinigung der VM nach Gebrauch erfolgt mit lauwarmem Wasser, evtl. unter Verwendung von Seife. Vorher sind alle Teile, welche empfindlich gegen Wasser sind, zu entfernen. Es sind daher der Filtereinsatz herauszuschrauben, Saugring und die Klarscheiben zu entfernen.

Das Gummiplättchen des Einatemventils wird herausgenommen. Ventile und Maskenkörper werden mit Wasser und Seife gereinigt und an der Luft getrocknet. Der Saugring ist am Ofen vorsichtig zu trocknen. Ölflecken dürfen unter keinen Umständen mit Benzin entfernt werden, weil dieses Lösungsmittel Gummi angreift. Das Filter muß trocken durch Abputzen gereinigt werden.

Da die VM stets in der Hand des Besitzers bleibt, ist eine Desinfektion mit Formaldehyd im allgemeinen nicht nötig.

Nach der Reinigung ist die Maske wieder ordnungsgemäß zu verpacken. Es ist besonders darauf zu achten, daß der Maskenkörper faltenlos liegt und das Ausatemventil nicht geknickt ist. Das Einatemventil muß wieder zusammengesetzt werden, die Klarscheiben sind mit Hilfe des Spannringes zu befestigen. Sie müssen durchsichtig sein. Der Dichtungsring im Filteranschlußstück muß vorhanden und eingeklebt sein. Das Gewinde des Filters darf keine Verbeulungen aufweisen.

Wird die Maske feucht verpackt, so tritt Schimmelbildung ein.

d) Instandsetzungen.

Der Ersatz der dem normalen Verbrauch unterliegenden Einzelteile: Sprengringe, Klarscheiben, Einatemventile, Kopfbänder, Saugringe ist

[1]) Siehe Bangert, Dräger-Gasschutz **1938**, 27.

leicht durchzuführen. Auch einfache Instandsetzungen wie Auswechseln eines schadhaft gewordenen Ausatemventils, eines Dichtringes, selbst das Flicken des Maskenkörpers sind leicht durchführbar. Zu diesem Zweck ist speziell für die VM ein Ergänzungskasten VM 37 eingeführt worden, welcher die nötigen Ersatzteile enthält. Der Kasten enthält Klarscheiben, Saugringe, Sprengringe, Einatemventile, Kopfbänder, Knöpfe, Ausatemventile, Dichtringe, Flickmaterial, Gummilösung, Gummikitt, sowie die für die genannten Instandsetzungen nötigen Werkzeuge; die beigefügten Beschreibungen und die auszuführenden Instandsetzungen sind so einfach, daß auch ungelernte Hilfskräfte hierfür eingesetzt werden können.

Nicht instandgesetzt werden können beschädigte Augenfenster, Anschlußstücke des Ausatemventilkörpers, Undichtigkeiten an den Fassungen der Außenfenster. Masken mit derartigen Schäden müssen gegen neue eingetauscht werden[1]).

Abb. 15

11. Die Volksgasmaske (VM 40)

Die Volksgasmaske VM 37 ermöglichte infolge ihrer günstigen Bauart und der damit verbundenen einfachen Verpassung und Tragweise im Jahre 1937 eine sehr rasche Einführung. Auch der ungeschulte Laie ist in der Lage, diese Maske ohne weiteres schnell und gasdicht aufzusetzen. Im Zuge der Weiterentwicklung und auf Grund der Tatsache, daß das deutsche Volk in der letzten Zeit allen für seinen Schutz notwendigen Geräten großes Interesse entgegengebracht hat, ergab sich die Zweckmäßigkeit, eine neue Maske, die VM 40 (Abb. 15), zu schaffen. Schwierigkeiten bei Verpassen und Tragen treten hier ebenfalls kaum auf. Darüber hinaus weist die neue VM wesentliche Fortschritte auf. Es ist eine Gummirahmenmaske. Die Ohren liegen frei. Dichter Sitz wird durch den zweckmäßigen Schnitt des Maskenkörpers, den umgelegten Rand, den bis zum Halsansatz reichenden Mundteil, sowie durch die Zugrichtung der Kopfbänder gewährleistet. Ausatemventil, Filtereinsatz sind die gleichen wie bei der VM 37[2]).

[1]) Siehe hierzu auch Gasmaske 11, 25 (1939).

[2]) Siehe hierzu Mielenz, Die Gasmaske, 12, 34 (1940). Auszug eines Vortrags geh. am 15. 3. 1940 vor der Deutschen Wehrwissenschaftlichen Gesellschaft.

12. Vollblickmasken

Bei der Entwicklung der Gasmaskenform ist man von jeher bestrebt gewesen, das Gesichtsfeld des Trägers so groß als möglich zu machen. Durch zweckmäßige Konstruktion des Maskenkörpers und der Augengläser hat man das Gesichtsfeld heute bis zu einer maximalen Grenze vergrößert, welche für alle Verhältnisse genügend erscheint. Trotzdem hat man auch Masken konstruiert, welche als Vollblickmasken bezeichnet werden können, weil bei ihnen die Abgrenzung des Gesichtsfeldes durch Augengläser fehlt. Die bekannteste ist die Stoltzenberg-Vollblickmaske.

Abb. 16.

Der aus Zellon bestehende Maskenkörper ist mit einem Rahmen aus gummierten Stoff oder Leder gasdicht verbunden. Die Dichtung auf der Innenseite des Rahmens erfolgt durch Leder. Am Mundring befindet sich das Glimmerausatemventil und der Deflektor. Dieser hat den Zweck, die Einatemluft so an der Klarscheibe vorbei zu führen, daß die dort lagernden Wasserdämpfe möglichst vertrieben werden, damit die Klarscheibe geschont wird. Die Klarscheibe bedeckt die ganze Innenseite des Zellonkörpers, wird durch zwei an den Seiten befindliche Führungsleisten festgehalten und unter Spannung auf die Zellonwand gepreßt.

Für den Luftschutz sind allerdings nur die S-Maske und die VM zugelassen. Es ist daher nicht zu erwarten, daß Vollblickmasken für die Allgemeinheit vorgeschrieben werden. Nur für die Fälle, wo das

Verpassen der 2-Fenstermasken Schwierigkeiten macht, ist ein Vollblick-Gasschutzgerät entwickelt und eingeführt worden. Es handelt sich um Gasschutz für Kopfverletzte, denen eine Maske nicht verpaßt werden kann.

13. Gasschutzhaube

Die Gasschutzhaube ist ein Vollblickgasschutzgerät (Abb. 16). Ein großes ovales Zellhornfenster, welches gasdicht in einem Gummirahmen befestigt ist, ermöglicht eine gute Sicht. Das Fenster ist biegsam und bleibt in der ihm gegebenen Stellung. Innen ist das Fenster mit einer Klarscheibe, welche auswechselbar ist, ausgestattet. Die Atmung wird durch Ventile gesteuert. Zum Schutz des Trägers sind die Ventile innen mit Gummiklappen, das Ausatemventil außen durch eine Metallkappe geschützt, welche gleichzeitig als Vorkammer dient. Die Abdichtung am Hals erfolgt durch eine Manschette und ein Band. Man erreicht dichten Sitz, wenn man die Manschette unter den Rock legt und die Bänder einbindet. Durch ein weiteres Band kann ein Verschieben der Haube verhindert und gleichzeitig der Totraum verringert werden. Die Gasschutzhaube wird mit einem VM-Filter getragen[1]).

14. Gasschutz für Kleinkinder und Säuglinge

Um Kleinkinder und Säuglinge sicher in den Luftschutzraum zu bringen, hat man auch für diese Gasschutzgeräte entwickelt. Bei den ersten Konstruktionen waren Sauerstofflaschen vorgesehen, heute ist man allgemein davon abgekommen und verwendet Filtergeräte. Man geht von der Erwägung aus, daß die Zuführung von 12,5—15 l/min Luft genügend ist. Die Luft führt man mit Hilfe eines Blasebalgs über ein Filter dem Kinde zu. Da innerhalb des Gasschutzgeräts auf diese Weise stets ein gewisser Überdruck erzeugt wird, ist eine absolute Abdichtung nicht erforderlich[2]).

15. Die Prüfungsmethoden für Filtergeräte

Die Überwachung der Brauchbarkeit von Filtergeräten mit Hilfe geeigneter Prüfverfahren ist notwendig. Es sind von Zeit zu Zeit folgende Prüfungen durchzuführen:

1. Prüfung der Dichtigkeit der Maske.
2. Prüfung der Dichtigkeit des Ausatemventils.
3. Prüfung des Atemwiderstandes des Filters und des Ausatemventils.

[1]) Gasmaske **11**, 56, 107 (1939).
[2]) Siehe hierzu auch Gasmaske **11**, 10 (1939); E. Naujoks, Drägerhefte **200**, 4065 (1939).

Die hierfür erforderlichen Apparate: Maskensitzprüfer, Ventildichtprüfer und Filtereinsatzprüfer werden von der einschlägigen Industrie in den Handel gebracht.

II. Sauerstoff-Schutzgeräte

1. Grundsätzliches zum Bau

Wie in den vorhergehenden Abschnitten gezeigt worden ist, können Filtergeräte nur dann verwendet werden, wenn der O_2-Gehalt der Luft mindestens 15% beträgt. Bei Benutzung von Kohlenoxydfiltern ist infolge des Verbrauchs von Sauerstoff ein Gehalt sogar von 17% erforderlich. Liegt der O_2-Gehalt der Luft unter den genannten Grenzen, müssen Geräte benutzt werden, welche Sauerstoff liefern. Da sich der Träger eines solchen Gerätes unabhängig von der Außenluft macht, heißen sie auch Isoliergeräte.

Der Träger ist völlig auf ein solches Gerät angewiesen und von ihm abhängig. Die Arbeitsweise des Geräts muß somit dem Atmungsmechanismus des Trägers völlig angepaßt sein.

Es muß daher zunächst bedacht werden, daß die vom Träger benötigte Sauerstoffmenge außerordentlich von dessen Arbeitsleistung abhängt, wie eindeutig aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist:

Tabelle[1])

Arbeit	CO_2-Abgabe in l/min	O_2-Verbrauch in l/min
liegend, in Ruhe	0,15	0,18
sitzend, in Ruhe	0,21	0,25
marschieren 85 Schritt/min	0,45	0,53
125 Schritt/min	0,70	0,90
165 Schritt/min	1,3	1,5
Treppensteigen 111 Stufen/80 sec	1,6	1,85
Laufen 220 Schritt/min	2,4	2,70
Treppensteigen 111 Stufen/28 sec	3,2	3,60

Sofern die ausgeatmete Luft, welche bekanntlich stark kohlensäurehaltig ist, nicht durch ein Ausatemventil beseitigt wird, muß sie unbedingt von Kohlensäure befreit werden. Auch andere Fremdgasanreicherungen müssen vollkommen vermieden werden. Als Fremdgas kommt Stickstoff in Frage. Die Praxis hat nun gelehrt, daß die Benutzungsdauer von etwa 1 Stunde im allgemeinen genügend ist. Nur für besonderen Einsatz, z. B. im Bergbau, sind größere Geräte mit etwa 2—3 Stunden Benutzung notwendig.

[1]) Nach Stelzner, s. Dräger-Hefte **205**, 4311 (1940).

Für die Belange des Luftschutzes und auch der Feuerwehr wird die einstündige Benutzungsdauer als genügend angesehen. Bei einem Verbrauch von 1,5 l/min, welcher einer nicht zu großen Arbeitsleistung entspricht, würden 1,5 × 60 = 90 l und bei höchster Arbeitsleistung von 3,6 l/min 3,6 × 60 = 216 l nötig sein. Derartige hohe Leistungen kommen aber praktisch nur für kürzere Zeit in Betracht. Legt man einen normalen Verbrauch von 1,5 l/min eine Stunde zugrunde und hat man einen gesamten Vorrat an Sauerstoff von 150 l, dann hätte man 150—90 = 60 l noch zur Verfügung und könnte deshalb z. B. 30 Minuten lang noch 2 l/min gebrauchen.

Auch Umrechnungen anderer Art zeigen, daß ein Sauerstoffvorrat von 150 l die Benutzung eines solchen Geräts eine Stunde lang sicherstellt. Die rationelle Ausnutzung des Sauerstoffs ist nur möglich, wenn die ausgeatmete Luft nicht durch ein Ausatemventil beseitigt, sondern von Kohlensäure befreit der Einatemluft wieder zugemischt wird. Die oben erwähnte Anreicherung von Stickstoff kommt nur in Frage, wenn der verwandte Sauerstoff stickstoffhaltig ist (Stickstoffnarkose).

Beispiel: Vorrat 150 Liter Sauerstoff; Inhalt des Geräts 10 Liter

Reinheit des Sauerstoffs	Liter Stickstoff
95 %	7,5
98	3
99	1,5
99,5	0,75

Je nach der Art, wie in einem solchen Gerät der Sauerstoff gespeichert ist, unterscheidet man Preß-Sauerstoffgeräte und Chemische Sauerstoffgeräte.

2. Die Preß-Sauerstoffgeräte

Das Hauptgerät besteht aus der Sauerstoffflasche und aus der Alkalipatrone. Es wird auf der Brust, an der Seite oder auf dem Rücken, frei kombiniert oder in einem Gehäuse, getragen. Ein oder zwei Schläuche für Einatmung und für Ausatmung führen zum Gewinde der Gesichtsmaske. Der im Luftschutz zur Verwendung kommende Heeresatmer (s. S. 147) wird an die S-Maske angeschlossen.

Der Kreislauf der Atemluft wird zweckmäßig durch Ventile (Abb. 17) gesteuert, wobei nur die ausgeatmete Luft durch die Alkalipatrone geht. Bei Pendelatmung geht auch die eingeatmete Luft durch die Alkalipatrone.

Die beiden Hauptvorgänge sind die Sauerstofflieferung und die Kohlensäurevernichtung.

a) Die Sauerstofflieferung

Der zur Atmung notwendige Sauerstoff ist in Flaschen aufgespeichert, welche unter einem Druck von etwa 150 Atmosphären stehen. Diesen hochkomprimierten Sauerstoff kann man natürlich nicht ohne weiteres dem Verbraucher zuführen. Man benutzt ein sog. Druckminderventil (Reduzierventil), durch welches der Sauerstoff unter einem konstanten, aber bedeutend niedrigeren Druck ausströmt. Auf die Konstruktion dieser Reduzierventile kann hier nicht eingegangen werden. Es soll nur soviel gesagt werden, daß eine Feder mit dem Druck des ausströmenden Gases im Gleichgewicht steht. Bei unseren Geräten hat man im allgemeinen den Druck, mit dem das Gas konstant ausströmt, auf 3 Atmosphären festgelegt. Diese Konstanz ist innerhalb der praktischen Gren-

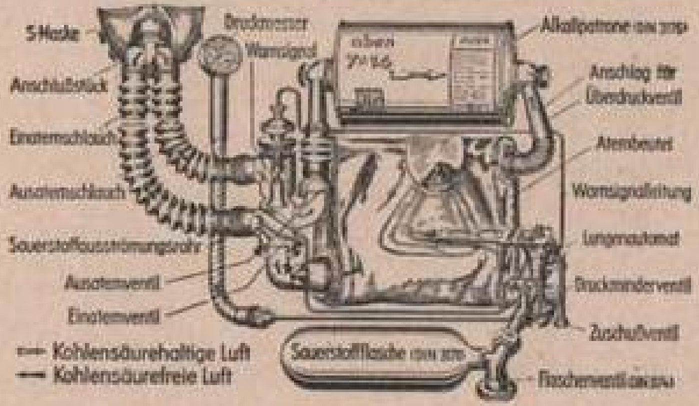


Abb. 17.

zen erfüllt. Die Firma Dräger fordert z. B., daß die Abweichungen nicht mehr als $^1/_{10}$ des festgesetzten Wertes betragen[1]). Sinkt der Druck in der Flasche unter 10 Atmosphären, dann läßt auch der reduzierte Druck außerordentlich nach.

Man nimmt vorteilhaft eine Durchschnittsdosierung von etwa 1,5 l und bringt ein Zusatzventil an, durch welches man jederzeit Zusatzsauerstoff erhalten kann.

Diesen Zusatz kann man vorteilhaft automatisch durch die Lunge regeln lassen. Dies ist wie folgt möglich: bei jedem Gerät geht die aus der Sauerstoffflasche strömende Luft erst in einen Atembeutel. Der Beutel ist beim Gebrauch mit sauerstoffhaltiger Luft gefüllt. Bei geringer konstanter Dosierung, aber hoher Arbeitsleistung des Trägers wird

[1]) Z. B. beim Dräger-Ventil: 1,63 l/min bei 150 Atm.; 1,41 l/min bei 10 Atm.

mehr Sauerstoff verbraucht als die Dosierung liefert. Der Atembeutel fällt zusammen. Bringt man nun innerhalb, oder neuerdings auch außerhalb (Abb. 18), eine Vorrichtung an, die dafür sorgt, daß Extrasauerstoff aus der Flasche in den Beutel strömt, wenn dieser auf eine bestimmte Lage zusammengefallen ist und umgekehrt bei genügender Auffüllung diese Zuschußlieferung wieder von selbst abstellt, dann hat man die sog. „lungenautomatische" Dosierung.

Man könnte sogar noch weitergehen und versuchen, die konstante Dosierung überhaupt wegzulassen und nur diese, scheinbar ideale, lungenautomatische Dosierung zu verwenden. Doch dabei zeigen sich

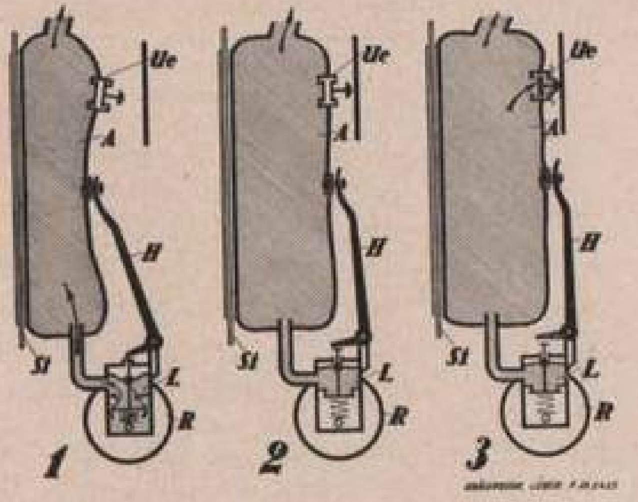


Abb. 18. Schematische Darstellung des außengesteuerten Lungenautomaten (Dräger).

Es bedeutet:

St = Haltestab,
A = Atembeutel,
L = lungenautomatische Sauerstoffzusatzsteuerung,
R = Druckreduzierventil,
H = lungenautomatischer Steuerhebel,
Uo = Überschußlüftungsventil.

gewisse Nachteile dieser Dosierungsart, weil die automatische Dosierung nur einsetzt, wenn der Atembeutel auf ein bestimmtes Volumen zusammengefallen ist. Füllt sich aber im Laufe der Benutzung des Gerätes der Beutel mit Stickstoff, dann arbeitet die Hebelvorrichtung trotz Sauerstoffmangel nicht mehr, und es kommt zur „Stickstoffnarkose". Man benutzt aus diesem Grund die lungenautomatische Dosierung nur in Verbindung mit der konstanten Dosierung, und zwar als

Zusatzdosierung, die nur in Tätigkeit tritt, wenn mehr Sauerstoff benötigt wird, als die konstante Dosierung liefert.

In neuerer Zeit hat man auch ein Gerät in den Handel gebracht, bei dem von der lungenautomatischen Dosierung wieder ganz abgesehen worden ist. Dafür hat man eine doppelte konstante Dosierung für geringeren und größeren Arbeitsbedarf vorgesehen. Außerdem ist für Höchstleistungen noch ein Zuschußventil angebracht.

b) Die Kohlensäurevernichtung

Die vom Menschen ausgeatmete Luft enthält im Mittel 4 % Kohlensäure. Die Gesamtmenge der ausgeatmeten Kohlensäure ist ferner je nach der Arbeitsleistung verschieden (s. Tab. S. 141).

Der Gehalt der ausgeatmeten Luft an Kohlensäure muß auf 0,5 % herabgesetzt werden, wenn die wieder einzuatmende Luft auf die Dauer unschädlich sein soll.

Daraus ergeben sich für die Konstruktion folgende Richtlinien: Die Absorption der Kohlensäure muß rasch und möglichst vollständig erfolgen, ohne daß ein nennenswerter Atemwiderstand dabei entsteht. Außerdem muß soviel von dem Chemikal vorhanden sein, daß während der Dauer der Benutzung die gesamte Kohlensäure gebunden werden kann. Zur Bindung der Kohlensäure benutzt man die Ätzalkalien, und zwar früher Ätzkali, heute in erster Linie Ätznatron[1]). Es reagiert nach der Gleichung:

$$2\,NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O.$$

Weder das gewöhnliche klumpige Ätznatron noch die konzentrierte Ätznatronlauge kommen für die neuesten Bauarten in Frage. Das Material muß durch besondere Verfahren in kleine trockene reibfeste Körnchen gebracht werden, die möglichst große Oberflächen haben.

[1]) Im folgenden wird eine Zusammenstellung neuerer Mischungen gegeben.

DRP. 689752 vom 24. 1. 1934 (Drägerwerk), Ätznatron + Alkali- bzw. Erdalkalikarbonate.

Schw. P. 198006 vom 23. 2. 1937 (Drägerwerk), $Ca(OH)_2$ mit 10—25 % Wassergehalt.

Belg. P. 425252 vom 16. 12. 1937 (Ver. f. chem. u. metallurg. Prod.), Ätznatron + Zn- und Al-Verbindungen.

Schw. P. 207024 vom 28. 4. 1938 (Drägerwerk), durch H_2O und CO_2 zersetzbare Verbb. der Alkalien und Erdalkalien, evtl. in Mischung mit Ätznatron.

Belg. P. 430730 vom 20. 10. 1938 (Auergesellschaft), Ätznatron + CaO.

Schw. P. 208856 vom 11. 11. 1938 (Drägerwerk), Ätznatron + krist. $CaCl_2$.

Belg. P. 433707 vom 6. 4. 1939 (Auergesellschaft), Reines Ätznatron.

Belg. P. 433779 vom 11. 4. 1939 (Auergesellschaft), Ätznatron + $NaHCO_3$

Die Drägerwerke hatten vor einer Reihe von Jahren das Verfahren dadurch wesentlich verbessert, daß das Ätznatron in Form kleiner Ringe von Haselnußgröße verwendet wurde. Mit diesen Ringen war die Alkalipatrone gefüllt. Zur Aufnahme der gebildeten Lauge mischte man noch Papprröllchen von ähnlicher Größe hinzu. In neuester Zeit hat man aber erkannt, daß die Kohlensäurebindung einfacher und besser erreicht wird, wenn man gekörntes Material benutzt, dieses aber zweckmäßig anordnet. Aus der ursprünglichen Schalenpatrone ist die „Faltensiebpatrone" (Dräger) (Abb. 19) und die „Wellsiebpatrone" (Auergesellschaft) (Abb. 20) entstanden.

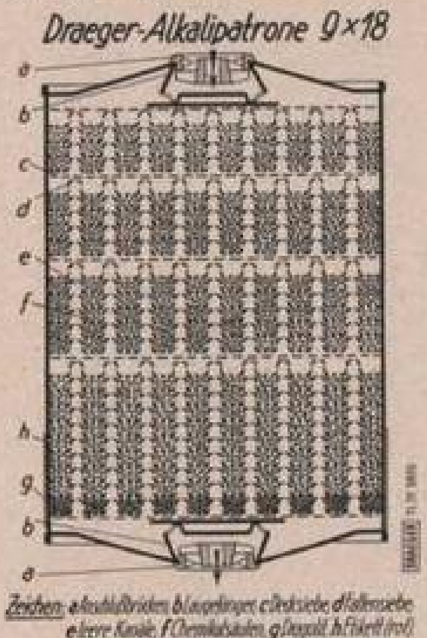


Abb. 19

Das Ätznatron wird auf in Falten gezogenes Drahtgewebe, und zwar fest in den breitesten Vertiefungen gelagert. Die Siebe werden symmetrisch aufeinandergelegt. Durch die entstehenden Luftschächte wird die Absorptionsoberfläche vergrößert, der Atemwiderstand verringert. Die Patrone ist durch diese Anordnung auch gegen Erschütterungen unempfindlich.

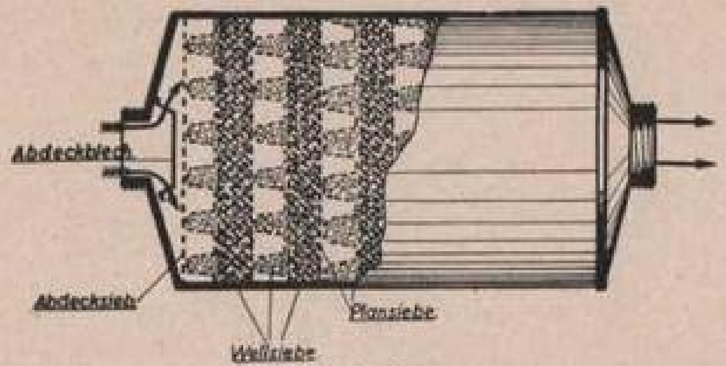


Abb. 20.

Gegenüber den älteren Ausführungen haben die zur Zeit im Gebrauch befindlichen Alkalipatronen einen erstaunlich geringeren Atemwiderstand[1]) (s. S. 147).

[1]) Dräger-Vorträge 1933, S. 65.

Atemwiderstand bei 50 l/Minute

	Anfangs mm Widerstand	Nach 1 Stunde mm Widerstand
Schalenpatrone	4,5	16
Röllchenpatrone	3,0	13
Faltensiebpatrone	0,6	2—3

Die Erschöpfung einer Alkalipatrone läßt sich nach dem DRP. 689790 (Stoltzenberg) anzeigen, wenn im Kreislauf nach Durchgang der Luft durch die Alkalipatrone eine Masse eingeschaltet ist, welche wie z. B. phenylessigsaures Kalzium durch Kohlensäure zersetzt wird und stark riechende Zersetzungsprodukte liefert.

Nach obigen Ausführungen sind folgende Arten von Preß-Sauerstoffgeräten technisch möglich und im Handel:

1. Geräte ohne Alkalipatrone mit Ausatemventil.
2. Geräte mit Alkalipatrone ohne Ausatemventil.
   a) mit einer konstanten Dosierung,
   b) mit zwei konstanten Dosierungen,
   c) mit konstanter und lungenautomatischer Dosierung.

Alle Geräte besitzen noch ein Sauerstoffzuschußventil sowie ein Überdruckventil.

Im folgenden wird das für den zivilen Luftschutz vorgeschriebene Sauerstoff-Schutzgerät, der „Heeresatmer" näher beschrieben.

3. Sauerstoff-Schutzgerät „Heeresatmer"

a) Beschreibung

Der Heeresatmer (s. Abb. 21) gestattet einen Aufenthalt von mindestens 1 Stunde in vergifteter Luft. Es ist ein völlig gekapseltes Kreislaufgerät (Tornistergerät), welches bei einem Gesamtgewicht von 11,5 kg einen konstanten Sauerstoffstrom von 1,5 l/min liefert und eine lungenautomatische Zusatzdosierung besitzt.

Außer den beiden Dosierungsarten ist für besondere Fälle noch ein Zuschußknopf vorhanden, durch dessen Betätigung weitere Mengen von Sauerstoff dem Träger zugeführt werden. Ein Warnsignal (Hupenton) tritt in Tätigkeit, wenn vergessen wurde, die Sauerstofflasche bei Beginn zu öffnen. Durch einen Druckmesser kann die Betriebsbereitschaft kontrolliert und der Zeitpunkt festgestellt werden, wann der Träger den Rückzug antreten muß. Das letztere ist der Fall, wenn der Druck auf 20 Atm. gesunken ist. Das Gerät wird zum Gebrauch an die S-Maske angeschlossen. Bei dieser ist vorher das Ausatemventil mit dem vorgesehenen Verschlußstück zu verschließen und das Gummiplättchen des

Einatemventils zu entfernen. Sowohl die eingeatmete als auch die ausgeatmete Luft werden durch die Öffnung des Einatemventils der S-Maske geführt und im Ventilkasten des Sauerstoffgerätes mit Hilfe von Ventilen gesteuert.

Nach dem Gebrauch ist in jedem Fall neben der Reinigung die Alkalipatrone durch eine neue zu ersetzen und die Sauerstoffflasche aufzufüllen bzw. ebenfalls auszutauschen. Die Auswechselung der Alkalipatrone ist auch dann, wenn sie nur eine kurze Zeit in Gebrauch war, erforderlich, weil die Oberfläche der Alkalikörnchen nach dem ersten Gebrauch durch Erhärtung und Verkrustung so verändert wird, daß bei erneuter Verwendung die völlige Bindung der Kohlensäure nicht mehr gewährleistet ist.

Abb. 21.

b) Reinigung

Nach Gebrauch ist der Heeresatmer zwecks Reinigung soweit als erforderlich auseinanderzunehmen. Zunächst sind der Maskenkörper und der Atemdoppelschlauch abzuschrauben, anschließend der Reihe nach Alkalipatrone, Sauerstoffflasche, Atembeutel und Ventilkasten herauszunehmen. Der Ventilverschlußdeckel am Ausatemventil des Maskenkörpers ist wieder abzuschrauben und das Einatemventil wieder instand zu setzen, damit die S-Maske wieder in Verbindung mit dem Filter Verwendung finden kann.

Der Ventilverschlußdeckel und der Atemdoppelschlauch werden entseucht (s. u.).

Der Atembeutel und der Ventilkasten werden mit lauwarmem Seifenwasser gereinigt, mit Wasser gespült und an der Luft vorsichtig getrocknet (nicht in der Sonne oder am Ofen!). Sofern das Warnsignal verschmutzt ist, muß es ebenfalls auseinandergenommen, mit lauwarmem Wasser gereinigt und anschließend getrocknet werden.

Die Alkalipatrone wird nicht wieder verwandt. Sie ist so wegzulegen (z. B. vergraben!), daß die auslaufende Ätzlauge keinen Schaden anrichten kann.

Die Sauerstoffflasche ist neu zu füllen. Öle und Fette dürfen niemals an die sauerstoffführenden Teile des Gerätes kommen (Explosionsgefahr).

Die übrigen Teile des Heeresatmers sind entweder trocken mechanisch mit einer Bürste oder unter Umständen mit Wasser oder Seifenlösung zu reinigen. Stets ist die Trocknung mit besonderer Sorgfalt durchzuführen. Nach der Reinigung wird der Heeresatmer wieder zusammengesetzt. Zur Vermeidung von unerwünschtem Feuchtigkeitszutritt wird aber die neue Alkalipatrone nicht angeschlossen, sondern mit den Verschlußkappen versehen in das dazu bestimmte Lager gelegt.

c) Die Entseuchung

Der Atemdoppelschlauch und der Ventilverschlußdeckel sind nach jedem Gebrauch zu entseuchen, die übrigen Teile im allgemeinen nur dann, wenn der Benutzer eine ansteckende Krankheit hatte.

Die Entseuchung von Atemdoppelschlauch und Ventilverschlußdeckel erfolgt entweder mit Formaldehyddampf oder durch Behandlung mit verdünntem Kresolwasser (2,5%). In beiden Fällen ist nach erfolgter Entseuchung gründlich zu spülen und vorsichtig zu trocknen.

Atembeutel, Ventilkasten sowie die übrigen Teile des Heeresatmers werden mit Kresolwasser (2,5%) entseucht, anschließend mit Wasser gespült und getrocknet. Zur Beseitigung des Kresolgeruchs kann anschließend noch eine Behandlung mit Chinosollösung erfolgen (1:1000).

d) Die Lagerung

Zur Lagerung der Geräte sind trockene Räume erforderlich. Die Temperatur des Raumes soll zwischen 0 und 15° C liegen. Das Gerät wird im Tragkasten gelagert, die Sauerstoffflasche ist angeschlossen, die Alkalipatrone liegt mit Verschlußkappen versehen in ihrem Lager. Die als Vorrat vorhandenen 2. Sauerstoffflasche und 2. Alkalipatrone befinden sich im Vorratskasten. Weitere Reserve-Sauerstoffflaschen sind vorsichtig und liegend aufzuspeichern. Atemdoppelschlauch und Atembeutel sind von Zeit zu Zeit zu kneten, Lederteile durch Behandlung mit Lederpflegemittel geschmeidig zu erhalten.

Das Gerät ist häufig Prüfungen zu unterwerfen. Neben der Prüfung auf Vollständigkeit muß sich die dauernde Überwachung auf die richtige Arbeitsweise der einzelnen Geräteteile erstrecken. Im einzelnen sei folgendes hervorgehoben.

1. Die Sauerstoffflasche muß den Druck von 150 Atm. aufweisen. Das Flaschenventil muß sich leicht öffnen lassen. In Abständen von 5 Jahren müssen Sauerstoffflaschen auf Drucksicherheit geprüft werden.

2. Die Alkalipatrone muß im unbenutzten Zustande durch Verschlußkappen geschützt sein. Sie muß beim Schütteln rasseln.

3. Zu prüfen ist ferner die richtige Zusammensetzung des Gerätes, das Vorhandensein sämtlicher Dichtringe, das richtige Arbeiten der Ventile. Die Reinheit des Sauerstoffs kann mit dem „Oxymeter" geprüft werden. Zur Füllung der Sauerstoffflaschen müssen besondere Um-

füllpumpen benutzt werden, da es nicht möglich ist, durch einfaches Umfüllen von Sauerstoff aus einer Vorratsflasche, welche einen Druck von 150 Atm. hat, in der Flasche des Gerätes den gleichen Druck von 150 Atm. zu erreichen. Die Industrie hat für diese Zwecke sog. Umfüllpumpen mit Motor- bzw. Handbetrieb geschaffen[1]).

Der Geräteverwalter ist auch in der Lage, Teile des Heeresatmers, welche durch häufigen Gebrauch schneller abgenutzt werden, selbständig auszuwechseln. Für diese Arbeiten stehen ihm „Instandsetzungskoffer für den Heeresatmer" zur Verfügung. Arbeiten am Sauerstoffverteilungsstück werden jedoch nur von der Herstellerfirma ausgeführt[2]).

4. Chemische Sauerstoffgeräte

Die im Vorangegangenen beschriebenen Preß-Sauerstoffgeräte enthalten den notwendigen Sauerstoff komprimiert in einer Stahl- oder Leichtmetallflasche.

Um das Gewicht des Gerätes zu verringern, ist man bestrebt, an Stelle der Sauerstofflasche ein Chemikal zu verwenden, welches unter bestimmten Bedingungen den Sauerstoff in der erforderlichen Menge abgibt.

Ein derartiges Gerät unterscheidet sich vom Preß-Sauerstoffgerät im Prinzip also zunächst nur in bezug auf die Art der Sauerstoffspeicherung. Beide besitzen also noch zusätzlich je eine Alkalipatrone zur Bindung der ausgeatmeten Kohlensäure.

Um das Gewicht des Gerätes noch weiter zu verringern, sucht man ein Chemikal zu finden, welches zunächst die ausgeatmete Kohlensäure bindet und dafür die notwendige Menge Sauerstoff abgibt. An der Lösung dieser Aufgabe arbeiten Wissenschaft und Technik mit außerordentlichem Interesse, denn solche Geräte würden vor allem infolge ihres im Vergleich mit den Preßsauerstoffgeräten geringen Gewichts eine große Zukunft haben.

Den obigen Ausführungen entsprechend sind in den letzten Jahren zwei Arten von chemischen Sauerstoffgeräten entwickelt worden: chemische Sauerstoffgeräte mit einfacher Sauerstofflieferung und chemische Sauerstoffgeräte mit sog. Austauschmassen. Es ist damit zu rechnen, daß sie in Zukunft noch wesentlich vervollkommnet werden.

a) Chemische Sauerstoffgeräte mit einfacher Sauerstofflieferung

Die Sauerstofflieferung erfolgt bei diesen Geräten durch thermische Zersetzung von sauerstoffreichen Verbindungen wie z. B. Chloraten, Perchloraten, Perboraten, Bichromaten, Superoxyden, welche

[1]) Siehe H. Dörge, Die Gasmaske **12**, 63 (1940).

[2]) H. Dörge, Die Gasmaske **12**, 22 (1940).

mit geeigneten Stoffen zusammen vermischt und zu Briketts gepreßt worden sind. Von solchen Preßlingen werden folgende Eigenschaften gefordert: Sie müssen, nachdem die Zersetzung an einer Stelle eingeleitet ist, den Sauerstoff bei möglichst niedriger Temperatur so abgeben, daß nicht mehr und nicht weniger als notwendig ist entsteht. Die Zersetzungstemperatur kann durch Zugabe von Katalysatoren herabgesetzt werden. Zur Aufrechterhaltung der notwendigen Temperatur mischt man z. B. Eisenpulver zu, welches gleichzeitig unter starker Wärmeentwicklung zu Eisenoxyd verbrennt. Andererseits kann zu große Wärmeentwicklung und damit zu rasch erfolgende Sauerstoffentwicklung dadurch herabgedrückt werden, daß man einen Stoff zusetzt, der unter Wärmebindung in einen anderen übergeht, z. B. $Ca(OH)_2$, welches unter Wärmeverbrauch in CaO und H_2O zerfällt[1]).

Die Zusammensetzung einer solchen sauerstoffliefernden Mischung ist beispielsweise[2]):

55,0% $KClO_3$	6,2% Schlackenwolle
23,0% $KClO_4$	3,5% $Ca(OH)_2$
12,0% Ferromangan	0,3% CaO.

Diese wird mit etwa 8% Wasser angefeuchtet und mit einem Druck von 150 kg/qcm in Stahlformen zu zylindrischen Körpern gepreßt, welche bei etwa 200° getrocknet werden. Da der aus chlorhaltigen Mischungen entstehende Sauerstoff unter Umständen etwas freies Chlor enthält, kann man das Brikett mit einer alkalischen porösen Schutzschicht umgeben, welche das Chlor bindet.

Ein Gerät, welches nach diesem Prinzip arbeitet, ist das vor mehreren Jahren in den Handel gebrachte Nascogengerät der Inhabad-Gesellschaft. Die Nachteile derartiger Geräte bestehen zur Zeit vor allem noch darin, daß die Sauerstoffregulierung sehr schwierig[3]) ist und der gebildete Sauerstoff eine unangenehm hohe Temperatur besitzt. Doch ist zu hoffen, daß auch hier später ein brauchbares Gerät geschaffen wird.

b) Chemische Sauerstoffgeräte mit Austauschmassen

Die hier zu besprechenden Geräte enthalten ein Chemikal, welches die ausgeatmete Kohlensäure aufnimmt und dafür Sauerstoff abgibt. Man hat daher derartige Austauschmassen auch „Gegenlunge" genannt.

[1]) Siehe z. B. Österr. Pat. 130293.

[2]) Als Beispiel angegeben im DRP. 579424.

[3]) Um den Verbrauch der Masse anzuzeigen, kann man hinter der Masse vor einer Drosselstelle den Druck messen und die O_2 liefernde Masse so formen, daß am Ende die pro Zeiteinheit abgegebene Menge Sauerstoff größer ist und durch Druckerhöhung angezeigt wird. (DRP. 679503 Auergesellschaft).

Es handelt sich hierbei ausschließlich um die höheren Oxyde der Alkalimetalle, z. B. Na_2O_2, $KNaO_3$, K_2NaO_5, K_2O_4.

Austauschmassen müssen in erster Linie der Forderung genügen, daß durch Bindung der ausgeatmeten Kohlensäure mindestens die zur erneuten Einatmung notwendige Menge Sauerstoff in Freiheit gesetzt wird. Hierüber gibt folgende Überlegung nähere Auskunft[1]).

Für 1 Mol. in der Lunge verbrauchten Sauerstoff entstehen etwa 1,7 Mol. (Kohlensäure und Wasser). Na_2O_2 reagiert mit Kohlensäure nach folgender Gleichung

$$Na_2O_2 + CO_2 = Na_2CO_3 + \tfrac{1}{2}O_2$$

Unter Hinzunahme der Reaktion zwischen Superoxyd und Wasser

$$Na_2O_2 + H_2O = 2\,NaOH + \tfrac{1}{2}O_2$$

entsteht bei Aufnahme von 2 Mol. (Kohlensäure und Wasser) 1 Mol. Sauerstoff, also aus 1,7 Mol. (Kohlensäure und Wasser) nur etwa 0,85 Mol. Sauerstoff, aber nicht die für die erneute Atmung notwendige Menge von 1 Mol. Es würde sich also im Laufe der Zeit ein Mangel an Sauerstoff bemerkbar machen; denn es müssen durch 2 Mol. (Kohlensäure + Wasser) mindestens $\frac{2}{1{,}7} = 1{,}17$ Mol. Sauerstoff entstehen. Beim Na_2O_2 kann diese vermehrte Sauerstoffabgabe somit nur durch Ablauf von Nebenreaktionen, wie thermische Zersetzung, bewerkstelligt werden. Andere Verhältnisse liegen dagegen bei den höheren Alkalioxyden vor. Sie liefern tatsächlich die genügende Menge Sauerstoff. Für 2 Mol. (Kohlensäure + Wasser) entstehen z. B. aus:

$KNaO_3$ 2 Mol., K_2NaO_5 $2^1/_2$, K_2O_4 3 Mol. Sauerstoff.

Wenn daher der Austausch von Kohlensäure und Sauerstoff entsprechend den normalen oben angegebenen Umsetzungsgleichungen stattfinden soll und unkontrollierbare Nebenreaktionen, wie thermische Zersetzung, vermieden werden sollen, muß für die Lösung des Problems das einfache Na_2O_2 ausscheiden. Man wird daher mit besserem Erfolge die höheren Superoxyde verwenden[2]). Allerdings sind die technischen Schwierigkeiten zu ihrer Darstellung noch nicht überwunden.

Die Austauschmasse muß aber noch eine weitere Bedingung erfüllen. Sie muß *sofort* bei Einwirkung von Kohlensäure arbeiten, d. h. „anspringen". Man hat, um dies zu erreichen, auf der einen Seite dafür zu sorgen, daß das Superoxyd in einer auch bei tieferen Temperaturen möglichst reaktionsfähigen Form vorliegt, auf der anderen Seite aber bei Nichtgebrauch beständig ist. Lösungen dieses Problems hat man bis jetzt in der Weise gesucht, daß man entweder eine „Hilfsmasse" vorgesehen hat, welche bei Inbetriebnahme plötzlich eine genügende Menge

[1]) Hloch, Z. angew. Chem. **46**, 45—47 (1933).

[2]) Siehe Hloch, a. a. O.; Jaubert, Compt. rend. **197**, 484 (1933).

Sauerstoff liefert, oder derart, daß man zu Beginn einige Liter Sauerstoff in das Gerät eintreten oder Kohlensäure auf die Masse einwirken läßt. Ist die Patrone erst einmal in Betrieb, dann findet infolge von Temperatursteigerung auch der Austausch von Kohlensäure und Sauerstoff leichter statt.

Ein solches Natriumsuperoxydgerät hat die Auergesellschaft unter dem Namen „Proxylengerät" in den Handel gebracht (Abb. 22). Man hat bereits günstige Erfahrungen mit ihm gemacht. Es kann etwa 50 Minuten lang hintereinander gebraucht werden.

Abb. 22.
Chemisches Sauerstoffgerät (Degea-Proxylengerät)

Die interessante, noch völlig im Fluß befindliche Entwicklung dieses wichtigen Problems „Austauschmasse" möge an Hand einer Auswahl von Patenten veranschaulicht werden. Hier liegt für den Chemiker noch ein umfangreiches Arbeitsgebiet vor.

DRP. 305066:

Nach diesem Patent erhält man ein reaktionsfähiges Natriumsuperoxyd dadurch, daß man ein kristallwasserhaltiges Salz wie Natriumsulfat ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) oder Soda ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$) mit wasserfreiem Na_2O_2 erwärmt. Der Zusatz von kristallwasserhaltigem Salz muß aber so bemessen sein, daß auf 1 Mol. Na_2O_2 nicht mehr als ½ Mol. Wasser kommt. Ein Teil des Na_2O_2 geht hierbei in das Dihydrat über. Der Mischung wird vor der Umsetzung der nötige Katalysator zugesetzt.

DRP. 306415:

Um ein poröses, aber auch mechanischen Anforderungen genügendes Natriumsuperoxyd zu erhalten, erhitzt man nach diesem Verfahren Na_2O_2 mit Salzen der Metalle, welche weniger positiv als die Alkalimetalle sind. Hierbei bilden sich teilweise Peroxyde dieser Metalle, welche sich thermisch leicht zersetzen. Der entwickelte Sauerstoff führt zur Bildung eines im Innern porösen Materials.

DRP. 419610:

Die Patentschrift gibt die Zusammensetzung einer Hilfsmasse an, welche aus einer Mischung von äquiv. Mengen wasserfr. Na_2O_2 und wasserfreien Säureanhydriden wie SiO_2, WoO_3, MoO_3, MnO_2 besteht und bei geringer Erhitzung plötzlich eine größere Menge Sauerstoff liefert.

DRP. 331721:

Zur Erzeugung eines wirksamen Katalysators wird Na_2O_2 mit einer entsprechenden chemischen Verbindung bei einer 15° nicht übersteigender Temperatur bestäubt. Durch Wechselwirkung mit dem Na_2O_2 entsteht ein wirksamer Katalysator.

DRP. 323210:

Ein reaktionsfähiges Natriumsuperoxyd erhält man nach diesem Verfahren, indem man Natriumsuperoxyd mit Alkalisalzen, welche Natriumsuperoxyd nicht angreifen, zusammenschmilzt. Geeignet sind z. B. Chloride, Sulfate. Es entstehen hierbei Doppelverbindungen der Formel $Na_2O_2 \cdot 2MeX$ (Me = Alkalimetall, X = Säurerest), welche beim Anhauchen rasch Sauerstoff liefern.

DRP. 420448:

Um das Anspringen der Patrone zu erleichtern, ist eine zerstörbare Ampulle als „Hilfsgasentwickler" mitten in die Austauschmasse eingelagert.

DRP. 582720:

Da der Wasserdampf der Ausatemluft unter starker Wärmeentwicklung mit Natriumsuperoxyd reagiert und diese Wärme zu einer vorzeitigen thermischen Zersetzung des Natriumsuperoxyds führen kann, will man nach diesem Verfahren den Wasserdampf der Ausatemluft durch Zusatz eines Trockenmittels (z. B. Kalziumchlorid, Natriumsulfat) unschädlich machen.

DRP. 576042:

Das Patent macht von der Tatsache Gebrauch, daß die höheren Oxyde der Alkalien, z. B. Alkalitrioxyd pro Mol. aufgenommenes CO_2 mehr O_2 liefern als das einfache Alkalisuperoxyd. Dieses Alkalitrioxyd wird nach der Patentschrift hergestellt, indem man Alkalisuperoxyde in zweckmäßig äquivalenten Mengen unter Druck erwärmt. Die Patentvorschrift gibt folgende Umsetzungsgleichung an:

$$NaO_2H + Na_2O_2 \rightarrow Na_2O_3 + NaOH.$$

Österreichisches Patent 117229:

Um das Anspringen der Superoxydpatrone sofort zu erreichen, läßt man aus einer kleinen Stahlflasche einige Liter Kohlendioxyd auf die Superoxydmischung einwirken. S. auch Am. P. 1852786, Schweiz. P. 146127.

DRP. 582719:

Dieses Patent befaßt sich damit, die niederen Natriumsuperoxydhydrate gegen mechanische Beanspruchung stabiler zu machen. Man erreicht dies, wenn man die Bildung dieser niederen Hydrate unter Druck (100 kg oder höher) vor sich gehen läßt.

DRP. 542157:

Das Patent befaßt sich mit der Darstellung von eindeutig zusammengesetzten Persilikaten, welche wirksamen Sauerstoff in recht günstiger Bindung enthalten.

III. Die Frischluftgeräte (Schlauchgeräte)

Der Vollständigkeit halber sollen schließlich noch die Schlauchgeräte kurz abgehandelt werden. Im praktischen Luftschutz werden diese an sich wichtigen und im Industriegasschutz viel gebrauchten Geräte nur eine geringe Rolle spielen.

Im Gegensatz zu den Sauerstoffgeräten (Kreislaufgeräten) steht der Träger eines Schlauchgerätes mit der Außenluft in Verbindung. Der an der Maske angebrachte Schlauch dient dazu, von einer nicht vergifteten Stelle atembare Luft heranzuschaffen. Natürlich können die Entfernungen, die hierbei in Frage kommen, nicht unbegrenzt sein. Bis zu 20 m Länge ist der Träger noch in der Lage, mit eigener Kraft seiner Lunge die Frischluft anzusaugen (Saugschlauchgeräte). Bei größerer Schlauchlänge, etwa bis zu 200 m Länge, ist es jedoch notwendig, die nötige Luft dem Verbraucher durch gelinden Druck zuzuführen (Druckschlauchgeräte). Man benutzt hierzu entweder einen Blasebalg, was allerdings den Nachteil hat, daß ein zweiter Mann diesen bedienen muß, oder einen sog. Injektor. Ein solcher Injektor arbeitet auf folgende Weise: Aus einer Stahlflasche strömt durch eine Düse in den Schlauch Sauerstoff oder Luft. Die strömende Luft reißt Außenluft (die vorher von Staub befreit ist) mit.

Der Nachteil dieser Geräte besteht neben der geringen Bewegungsfreiheit des Trägers darin, daß der Hinweg als Rückweg benutzt werden muß. Die Schläuche von Frischluftgeräten müssen unbedingt knickfest sein[1]).

IV. Die Normung der Atemgeräte

Der Bau der Atemschutzgeräte erfolgt nach bestimmten Richtlinien, die grundsätzlich in den Normenblättern (Din) festgelegt sind. In diesen Blättern werden in erster Linie Größenmaße und Bezeichnungen vorgeschrieben. Dadurch ist es im Laufe der letzten Jahre möglich geworden, die gewünschte Einheitlichkeit im Gasschutzgerätebau zu fördern. Die Erzeugnisse verschiedener Firmen werden dadurch wenigstens hinsichtlich der Größenmaße weitgehend einander angepaßt. Darüber hinaus sind weitere besondere Richtlinien für den Bau der im Luftschutz eingeführten Geräte: S-Maske, VM und Heeresatmer hinsichtlich der Form und Gestaltung gegeben, so daß die von den verschiedenen Firmen gebauten, für den Luftschutz bestimmten Geräte kaum voneinander zu unterscheiden sind.

Eine Zusammenstellung der bisher auf dem Gebiete des Gasschutzgerätebaus erschienenen Normblätter wird im folgenden gegeben.

[1]) Siehe hierzu Dräger-Hefte **205**, 4349 (1940).

Din 3171: Stahlflaschen für verdichtete Gase bis 3 l Rauminhalt.
Din 3174: Sauerstofflaschen, Ventile.
Din 3176: Alkalipatrone.
Din 3180: Gasschutzgeräte, Bezeichnung der Einzelteile.
Din 3181: Atemfilter, Kennzeichnung.
Din 3182: Gasschutzgeräte: Rundgewinde.
Din 3183: Gasschutzgeräte: Anschlüsse.
Din 3186: Gasschutzgeräte: Raumfilter, Abmessung und Anschlüsse.

Der Wert der Normung der Geräte besteht vor allem darin, daß die Betriebssicherheit der Geräte vergrößert wird. Im folgenden wird das Wesentliche der einzelnen Normenblätter besprochen[1]).

Din 3171:

Die Stahlflaschen werden in 6 Größen, und zwar zu 0,4; 0,8; 1,0; 2,0 (in zwei verschiedenen Längen und Breitenabmessungen) und 3,0 Liter hergestellt. Um das Gewicht niedrig zu halten, haben sie im Gegensatz zu den größeren Stahlflaschen (10 und 40 Liter) keinen Fuß, keinen Halsring und keine Schutzkappe.

Din 3174:

Für die Ventile der Sauerstofflaschen sind auf diesem Blatt Einzelheiten zu finden. Es umfaßt: das gerade und das gekrümmte Sauerstoffflaschenventil, den Stutzenanschluß, mit Überwurfmutter. Das Ventil braucht nicht aus Messing zu sein. Zum Teil hat sich säurefester Stahl, nicht dagegen Leichtmetall bewährt.

Din 3176: Alkalipatronen.

Din 3180:

Auf diesem Blatt ist die Bezeichnung der Einzelteile der Maske, der Filtergeräte, der Sauerstoffgeräte und der Schlauchgeräte festgelegt (s. Abb. 23 u. 24). An Hand von sehr guten Skizzen dieser Geräte ist die schon lange erstrebte einheitliche Bezeichnung in sehr erfreulicher Weise durchgeführt. Dadurch sind in Zukunft Irrtümer und Verwechslungen nicht mehr zu befürchten. Aus dem gleichen Grunde sind auch die Bezeichnungen zum Teil verdeutscht worden. Es ist zu erwähnen, daß man stets von Alkalipatrone spricht, nicht von einer Kalipatrone, weil das Alkali jetzt meist Natron ist, „Atmung" wird in zusammengesetzten Worten stets durch „Atem" ersetzt (also Atemventil). An Stelle von Manometer, Finimeter und Sauerstoff-Vorratsanzeiger sagt man „Druckmesser". „Geräteanschluß" wird für Mundring gesetzt. Dagegen kann man für „lungengesteuertes Sauerstoffventil" den Ausdruck „Lungenautomat" und für „Druckminderventil mit gleichmäßiger Sauerstoffabgabe" den Ausdruck „konstante Dosierung" verwenden.

Din 3181:

Dieses Normenblatt befaßt sich mit der Kennzeichnung der Atemfilter. Durch Farben und Buchstaben wird zum Ausdruck gebracht, gegen welche Stoffe das betreffende Filter schützt. Die Farben sind so gewählt worden, daß sie auch bei ungünstiger Beleuchtung gut erkannt werden können. Der ganze Mantel des Filters ist mit der angegebenen Farbe gestrichen. Bei Kennzeichnung durch 2 Farben wird der dem Munde am nächsten liegende Teil mit der zuerst genannten Farbe gestrichen. Für Kohlenoxyd ist keine Farbe, nur der Kennbuchstabe CO vorgesehen. Die genaue Farbbezeichnung erfolgt nach der Ostwaldschen Farbenordnung.

Din 3182:

Das Rund- oder auch Rollgewinde, mit dem das Atemfilter am Maskenkörper gefestigt wird, hat im Kriege bereits seine Tauglichkeit für diese Verwendung bewiesen. Bei guter Instandhaltung schließt es auch bei Benutzung von Schlauchanschluß absolut dicht. Ein etwaiges Lockern könnte durch Anbringen einer Arretierung ohne weiteres behoben werden. Das vorliegende Normenblatt gibt genaue Maße der Einzelteile.

Din 3183:

Das Normenblatt 3183 enthält genaue Maße für das Zentralgewinde, den Rundgewindeanschluß, den Zentralanschluß, welcher besonders für Sauerstoffgeräte Verwendung findet. Es enthält ferner die notwendigen Angaben für den „Universalanschluß", d. h. für die Kombination von Rund- und Zentralgewinde.

Um die weitere Entwicklung nicht zu hemmen, wurden bisher nicht genormt: die Bauart der Atemgeräte, Patronen der chemischen Sauerstoffgeräte, Atemfilter, Form der Gasmaske, Größe der Gasmaske, Fassung der Augengläser, Frischluftgeräte.

C. Körperschutz

Bei den Kampfstoffen der Gelbkreuzgruppe genügt der Schutz der Augen und Atmungsorgane nicht allein. Es sind deshalb in den letzten Jahren eine Anzahl von Schutzbekleidungen entwickelt worden, welche den jeweiligen Zwecken, denen sie dienen sollen, entsprechen. Die Schwierigkeiten liegen vor allem hierbei in der Auffindung und Beschaffung eines geeigneten Materials, welches gegen Gelbkreuz widerstandsfähig ist und auch bei Entgiftung derartiger Bekleidungsstücke den zur Anwendung kommenden Entgiftungsmitteln, welche meist Chlorkalkpräparate sind, standhält.

Als bestes Material hat sich bisher Gummi erwiesen. Neben dem natürlichen Gummi spielen heute vor allem die synthetischen Gummierzeugnisse eine erhebliche Rolle. Verschiedene Qualitäten des synthetischen Gummis zeichnen sich durch besondere Ölfestigkeit aus. Diese Eigenschaft ist vorteilhaft, denn je ölfester der Gummi ist, um so widerstandsfähiger ist der Gummi auch gegenüber Gelbkreuzkampfstoff. Gummi ist auch widerstandsfähig gegen die stark aggressiven Chlorkalk-

[1]) Siehe hierzu Heinrichs, Gas- und Luftschutz 2, 40 (1932); Quasebart, Gas- und Luftschutz 3, 323 (1933).

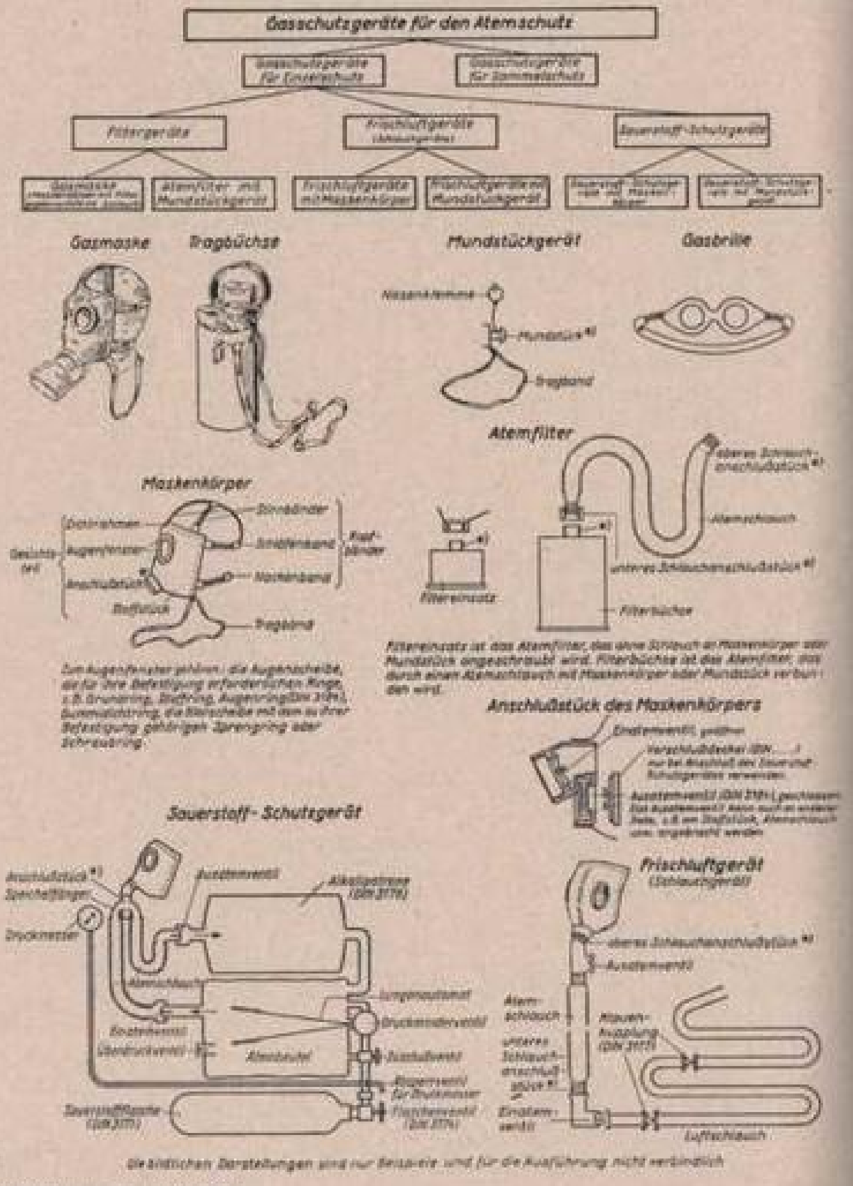


Abb. 23.

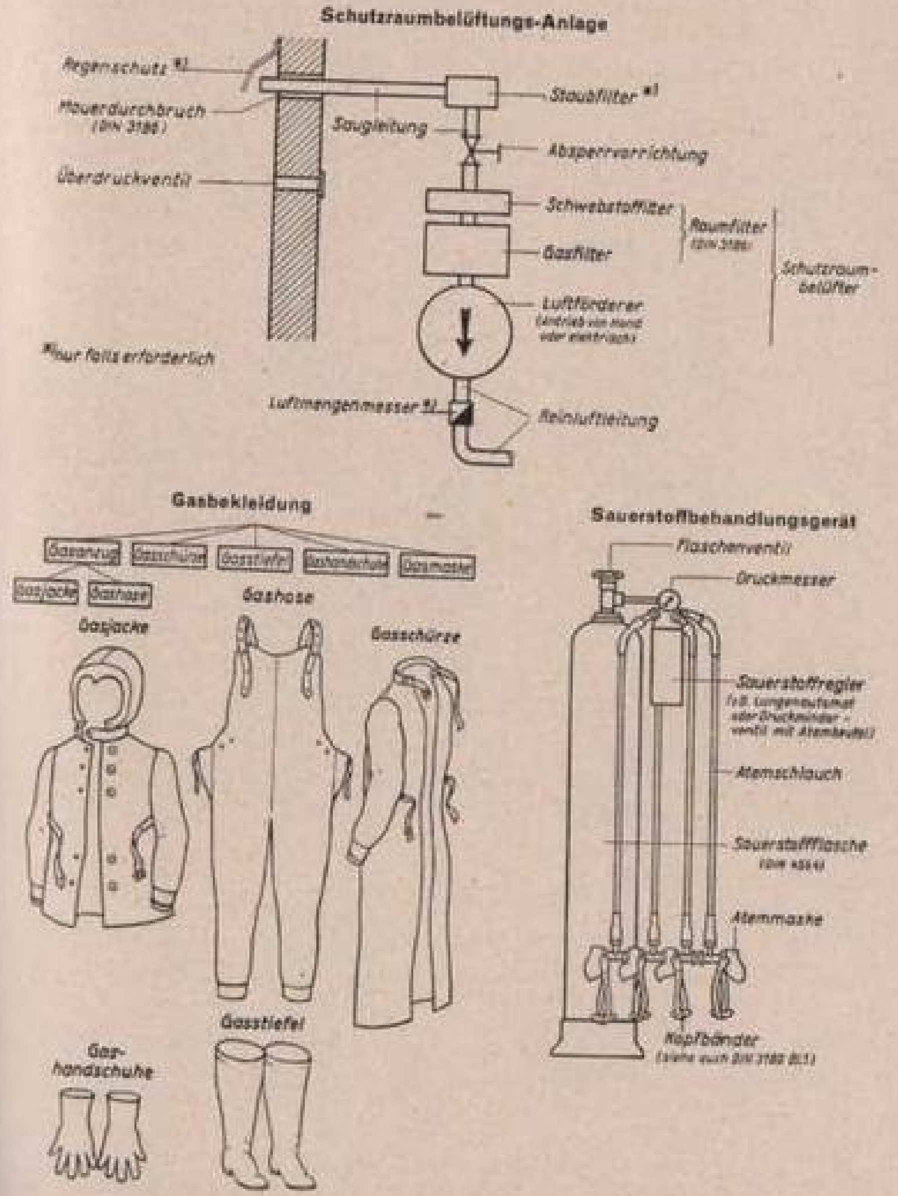


Abb. 24.

Abb. 23 u. 24. Wiedergegeben mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses. Verbindlich ist die jeweils neueste Ausgabe des Normblattes im Normformat A 4, das beim Beuth-Verlag, G. m. v. H., Berlin SW 19, erhältlich ist.

präparate, welche zur Entgiftung verwandt werden. Schutzbekleidungen aus Gummi können daher ohne weiteres entgiftet werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Gewebe mit Stoffen zu imprägnieren, welche den Stoff undurchlässig für den Kampfstoff machen. Verschiedene Erzeugnisse haben sich hierbei als brauchbar erwiesen. Bekleidungsstücke aus derartigem Material schützen zwar eine erhebliche Zeit den Körper gegen Gelbkreuzkampfstoff, haben aber in manchen Fällen den Nachteil, daß eine Entgiftung nach Gebrauch nicht möglich ist. Solche Bekleidungsstücke können also nur einmal benutzt werden.

Zur Imprägnierung von Textilien hat man Eiweißstoffe, wie Gelatine, Casein, Pflanzenleim benutzt. Besonderer Wert wird hierbei auf möglichst geringe Empfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit gelegt. Fortschritte in dieser Hinsicht hat man erzielt durch Verwendung der modernen organischen Kunstprodukte. Für sich allein oder in Mischung mit anderen Massen wurden u. a. Albertolharz (Ital. P. 366503), Celluloseester (DRP. 664631, 688973, Holl. P. 49367, F. P. 844166), Acrylsäurederivate (DRP. 664431, Holl. P. 49489), Phenolkondensationsprodukte (DRP. 688973), Vinylharze (Ital. P. 365571, Holl. P. 49489), Glyptalharze (Ital. P. 365571), Polymerisationsprodukte von n-Butylen (Holl. P. 49294), Oxydations- und Polymerisationsprodukte von Leinöl, chines. Holzöl (Ital. P. 366503) vorgeschlagen. Zusätze von Oxydationsmitteln zu den Schutzschichten zwecks Zerstörung von Gelbkreuz, wie Bleidioxyd, sind in den holländ. Patenten 49489 und 49294 vorgesehen.

Die genannten organischen Imprägnierungsmittel lassen sich auch in Verbindung mit Gummischichten verwenden (z. B. Holl. P. 49367 und F. P. 844166).

Nach dem DRP. 694489 (Drägerwerk H. u. B. Dräger) läßt sich Leder lostdicht machen, wenn es mit Emulsionen oder Lösungen von Paraffin oder Vaseline, die mindestens 25% Seifen zwei- und dreiwertiger Metalle enthalten, behandelt.

Die Gasbekleidung

Für die Gasspürer und Entgifter ist die zweiteilige Gasbekleidung vorgeschrieben (Abb. 25). Die Gasbekleidung ist aus einem festen Gewebe gefertigt, welches beiderseitig mit einer besonders behandelten lostfesten Gummischicht überzogen ist. Zur vollständigen Ausrüstung gehören weiterhin Gummistiefel und Gummihandschuhe.

Die Gasbekleidung wird in 2 Größen gefertigt. Die normale Größe paßt für Personen bis zu 1,72 m, die Übergröße für größere Personen.

Der Gasanzug wird über der normalen Kleidung getragen. Vorteilhaft ist beim zweiteiligen Anzug, daß eine geringe Luftzirkulation mög-

lich ist. Der Anzug bedeckt außer Händen, Füßen und Gesicht den ganzen Körper.

Die Gashose hat am unteren Ende der Beinlinge Manschetten, die über die Gasstiefel gasdicht gestülpt werden. Vorn ist die Hose schürzen-

Abb. 25.

artig bis an die Brust verlängert. Der Umfang läßt sich dem Körperumfang durch Verstellen anpassen. Hinten sind verstellbare Gummi-Hosenträger angebracht.

Die Gasjacke hängt weit über dem Hosenbund. Die Ärmel sind im unteren Teil manschettenartig gestaltet und durch einen ein-

vulkanisierten Metallring versteift. Über diese Stabilisierung werden die Gummihandschuhe gezogen. Man erreicht auf diese Weise einen gasdichten Abschluß. Die Jacke wird vorn durch eine Reihe von Knöpfen aus Kunststoff geschlossen. Hinten schützt eine Kapuze Nacken und Kopf. An der Kapuze befindet sich ein Saum, der den gasdichten Abschluß an der Gasmaske bewirkt. Damit der Träger feststellen kann, daß er die Kapuze richtig aufgesetzt hat, ist in der Saummitte eine Spitze angebracht, die genau über der Nasenwurzel sitzen soll. Der Gummisaum endet beiderseits in einer Lasche, die festgeknöpft werden muß und dann auch den Hals gasdicht abschließt. Die Gashandschuhe aus Gummi werden in 3 Größen angefertigt. Sie kommen mit geraden und gekrümmten Fingern, ferner mit versetzten Daumen zur Verwendung. Gummihandschuhe mit gekrümmten Fingern erleichtern das Hantieren.

Die Gasstiefel sind aus festem Gummi gefertigt und reichen bis zu den Knien. Die Größe ist etwa um 2 Nummern größer als die sonstige Schuhgröße des Trägers.

Geübte Leute brauchen zum Anziehen etwa 6 Minuten. Im einzelnen werden folgende Zeiten benötigt:[1])

Anlegen der Gasbekleidung

1. Einstecken der Stiefel in die Hose	45 Sek.
2. Einsteigen, Hose hochziehen, Hosenträger und Seitenschnallen befestigen	80 Sec.
3. Maske aufsetzen, Dichtigkeit prüfen	20 Sek.
4. Jacke anziehen, Haube überstreifen, Jacke und Bauchgurt zuknöpfen	110 Sek.
5. a) Handschuh	25 Sek.
b) Handschuh überstreifen, Filter einschrauben	80 Sek.
	360 Sek. = 6 Min.

Das Ausziehen muß sehr sorgfältig durchgeführt werden. Man rechnet etwa 70 Sek.

Ausziehen der Gasbekleidung

1. Bauchgurt lösen, Jacke öffnen	30 Sek.
2. Jacke abstreifen	20 Sek.
3. Hose abstreifen, Stiefel ausziehen, Maske ablegen	20 Sek.
	70 Sek.

[1]) Dräger-Gasschutz **1937**, 157. Siehe hierzu auch: P. Seidl, Die Gasmaske 7, 95 (1935).

Die praktische Ausbildung im Tragen der Gaskleidung muß besonders sorgfältig betrieben werden. Es handelt sich vor allen Dingen darum, den Träger an die Lebensweise in feuchter Luft bei höherer Temperatur zu gewöhnen. Allgemein erfolgt ja die Abgabe des Wärmeüberschusses bei Arbeitsleistung durch Verdunstung von Wasser. Da aber der Wasserdampf unter der Gasbekleidung nicht entweichen kann, kommt es bald zu starker Abscheidung von viel Feuchtigkeit, welche das Arbeiten in der Gasbekleidung sehr erschwert. Besonders unangenehm gestaltet sich die Wasserabscheidung am Nacken. Um Erkältungen des Anzugträgers zu vermeiden, ist kürzlich ein praktischer Vorschlag gemacht worden. Danach wird ein saugfähiges Handtuch längs in der Mitte gefaltet und in den Nacken gelegt. Die beiden Enden werden vorn unter den Brustlatz gesteckt[1]). Vom Ausland wurde vorgeschlagen, über der Gasbekleidung einen nassen leichten (z. B. Drillich-) Anzug zu tragen. Durch die Verdunstung des Wassers auf der Außenseite der Gasbekleidung wird Abkühlung erzielt und dadurch die Leistungsfähigkeit des Trägers wesentlich erhöht[2]).

Ausbildungsmethoden: Es können zwei Methoden angewandt werden. Man kann schrittweise die Übungszeiten steigern oder man läßt den Träger von Anfang an die Gasbekleidung die geforderte Zeit von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden tragen, läßt ihn aber zunächst überhaupt nichts arbeiten, sondern steigert nur ganz allmählich die Arbeitsleistung. Es hat sich gezeigt, daß die 2. Methode vorteilhafter ist, weil sie den Träger von Anfang an die Tätigkeit in feuchter und warmer Luft gewöhnt[3]).

Nach dem Entgiften und Reinigen muß die Gasbekleidung sorgfältigst getrocknet werden.

Besondere Beachtung ist der Aufbewahrung der Gasbekleidung zu widmen. Der Gasanzug wird auf einem hierfür geschaffenen Spezialbügel aufgehängt. Die Handschuhe werden zweckmäßig auf selbstgefertigte Drahtgestelle gesteckt. Temperaturen zwischen 10 und 20°, Feuchtigkeitsgehalt der Luft von etwa 65 %, Schutz vor Licht sind zur Erzielung einer großen Lebensdauer der Gasbekleidung erforderlich. Alle 2 Monate ist das gesamte Material kräftig durchzukneten. Ebenso ist öfteres Tragen der Gasbekleidung vorteilhaft für die Lebensdauer des Gummis. Zur Ausführung kleiner Reparaturen, wie Ausbesserung schadhafter Stellen, Ersatz von Knöpfen, werden vom Geräteverwalter entsprechende Gegenstände und Materiale bereitgestellt[4]).

Flecken an Nähten bei der Gasbekleidung sind Ausblühungen, welche auf selbstvulkanisierende Gummilösung zurückzuführen sind. Sie lassen sich durch Seifenlösung abwaschen[5]).

[1]) Siehe hierzu H. Kreis, Die Gasmaske **10**, 99 (1938).
[2]) Siehe Gas- und Luftschutz **9**, 24 (1939).
[3]) Siehe Die Gasmaske **10**, 99 (1938).
[4]) Siehe hierzu Die Gasmaske **11**, 67 (1939); **11**, 28 (1939).
[5]) Die Gasmaske **11**, 144 (1939).

D. Schutz von Nahrungsmitteln und Wasser

Ebenso wichtig wie der Schutz des Menschen gegen Kampfstoffe ist der Schutz der für ihn bestimmten Nahrungsmittel. Es bereitet keine Schwierigkeiten, diesen durchzuführen. Die hierbei zu ergreifenden Maßnahmen sind zum Teil sehr einfach, um so mehr wenn man bedenkt, daß es bedeutend schwerer, wenn nicht oftmals unmöglich ist, vergiftete Lebensmittel überhaupt wieder zu entgiften und genießbar zu machen[1]).

Allgemein hat man bei Lebensmitteln bei Einwirkung von Kampfstoffen mit 2 Möglichkeiten zu rechnen.

1. Es tritt durch Kampfstoff eine regelrechte Vergiftung ein.
2. Es erfolgt eine Veränderung des Geruchs und Geschmacks. Das Nahrungsmittel ist zwar nicht vergiftet, aber nicht genießbar.

Luftkampfstoffe, sowohl in Gas- wie in Schwebstofform, wirken im allgemeinen auf Lebensmittel nicht vergiftend ein. Häufig wird der Geschmack und Geruch beeinflußt. Durch Lüften läßt sich die an der Oberfläche festgehaltene geringe Menge Kampfstoff meist beseitigen. Auch durch Kochen ist das gleiche Ergebnis zu erzielen. Geländekampfstoffe, oder überhaupt schwer verdampfbare flüssige oder feste Kampfstoffe in größerer Konzentration, dringen je nach der Art des Nahrungsmittels bald mehr oder weniger leicht in das Innere ein, und es ist dann schwer, eine vollständige Entgiftung vorzunehmen.

Ist daher die Gefahr einer Lebensmittelvergiftung durch Kampfstoffe vorhanden, so müssen unbedingt alle nur möglichen Maßnahmen zum Schutz der Lebensmittel ergriffen werden.

Getreide, Kartoffeln, Viehfutter auf dem Felde lassen sich nicht schützen. Hier muß nach erfolgter Kampfstoffeinwirkung festgestellt werden, inwieweit eine Vergiftung noch besteht.

Berücksichtigt man die Verhältnisse in einer Stadt, so ist zunächst zu betonen, daß das Auflegen größerer Mengen offener ungeschützter Lebensmittel, z. B. auf Märkten, unzweckmäßig ist.

Geschützt sind Lebensmittel stets in geschlossenen Räumen mit verschlossenen Türen und Fenstern. Das gleiche gilt für alle Lebensmittel, welche sich in geschlossenen Gefäßen, z. B. Konservenbüchsen, Einmachgläsern, zugeschraubten Kochkesseln, Essenträgern und Flaschen befinden.

Geschützt sind auch Lebensmittel in gelbkreuzsicherer Verpackung. Je nach der Durchlässigkeit des Verpackungsmaterials ist der Schutz von verschiedener Dauer. Ölpapier und Cellophan schützen besser als starkes Packpapier und dieses besser als Zeitungspapier. Aber auch

[1]) Vgl. W. Ziegelmayer, Unsere Lebensmittel und ihre Veränderungen. Verlag Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1940, S. 328.

mehrere Lagen Zeitungspapier schützen, wenn auch nicht dauernd, so doch genügend. Man hat in der letzten Zeit auch Vorschläge verschiedener Art gemacht, gewöhnliches Packpapier durch Imprägnierung kampfstoffsicher zu machen[1]).

Auf offenen Fahrzeugen oder im Freien befindliche Lebensmittel sind durch Bedecken zu schützen.

Besonders auf Fahrzeugen ist Zudecken mit Wagenplan, Zeltbahnen, Dachpappe u. ä. zu empfehlen. Im Freien lagernde Lebensmittel lassen sich ebenso schützen. Außerdem stehen hier noch weitere Wege zur Verfügung: Zudecken mit Erde in einer Schicht von etwa 15 cm Dicke oder mit Stroh und Reisig in einer Schichtdicke von etwa 20 cm. Beim Bedecken mit Brettern, welche dachziegelartig übereinander gelegt werden, oder bei Verwendung von Planen ist es sehr zweckmäßig, zwischen Schutz und Lebensmittel noch eine Schicht von Reisig oder Stroh unterzubringen.

Der Schutz von Wasser. Hier ist zu unterscheiden zwischen Gebrauchswasser und Trinkwasser, im letzteren Falle, wenn auch in untergeordnetem Maße: Trinkwasser für Tiere und für Menschen.

Im Freien vorhandenes Wasser ist der Vergiftung durch Kampfstoffe, sofern es sich um größere offene Flächen handelt und nicht durch Zudecken (Brunnen) geschützt werden kann, jederzeit ausgesetzt. Bezüglich der Genußfähigkeit ist zu unterscheiden zwischen stehenden und fließenden Gewässern. Während fließende Gewässer im allgemeinen schnell wieder genußfähig werden, ist bei stehenden Gewässern die Vergiftung bedeutend nachhaltiger. Ölartiger Gelbkreuzkampfstoff setzt sich zum größten Teil am Boden ab. Ein Teil bleibt an der Oberfläche als Ölhaut, während das in der Mitte befindliche Wasser nur wenig gelösten Kampfstoff enthält, welcher in verhältnismäßig kurzer Zeit durch Hydrolyse zersetzt wird. Man kann also bei stehenden Gewässern durch Herausschöpfen aus mittleren Lagen ein Wasser erhalten, welches weniger vergiftet ist als das an der Oberfläche oder am Boden befindliche.

Für die Trinkwasserversorgung in einer Stadt ist besonders zu beachten: Man hat durch eingehende Untersuchungen festgestellt[2]), daß die bei jeder Wasserreinigung in einem Wasserwerk vorhandenen Kies- und Sandfilter das Trinkwasser von allen Kampfstoffen in Öltropfenform befreien, daß also das durch das Kiesfilter gegangene Wasser nur noch die geringe Menge in Wasser gelösten Gelbkreuzes enthält. Diese zersetzt

[1]) Siehe hierzu Jug.P. 15833 (CBl. **1940** II, 3432): Packpapier, das sich bei Einwirkung von Kampfstoffen verfärbt.

[2]) Stampe, Großkopf, Harms, Weiland, Gas- und Luftschutz 8, 195 (1938).

sich bei einigem Stehen (1—2 Stunden) oder wird bei der noch angeschlossenen Chlorierung des Wassers vollständig zerstört. Mit einer Gefahr der Trinkwasservergiftung ist damit im großen und ganzen nicht zu rechnen. Selbstverständlich müssen sämtliche Zapfstellen beim Verbraucher kampfstofffrei sein.

E. Entgiftung

1. Allgemeine Grundlagen

Um die Wirkungsdauer der Kampfstoffe soweit als möglich zu verkürzen, ist es unbedingt notwendig, Kampfstoffe überall dort, wo sie angetroffen werden, sofort zu beseitigen oder zu vernichten. In einigen Fällen ist es eine einfache Angelegenheit, bei den ausgesprochenen Geländekampfstoffen dagegen ist es schwer. Von ausschlaggebender Bedeutung sind hierbei folgende Punkte:

1. Welches ist das preiswürdigste Entgiftungsverfahren.
2. Welches Verfahren erfordert den geringsten Zeitaufwand.
3. Welches Verfahren erfordert den geringsten Aufwand an Bedienung.
4. Welches Verfahren ruft die geringsten Schäden hervor.

Um in jedem Fall das richtige Verfahren anwenden zu können, ist notwendig zu wissen, wie Kampfstoffe unschädlich gemacht werden können. Die richtige Auswahl des in Frage kommenden Verfahrens ist vor allem auch deshalb nicht einfach, weil ein und derselbe Kampfstoff sich verschieden verhält, je nachdem, wo er sich befindet.

Die in Gas- bzw. Schwebstofform in der Luft befindlichen Kampfstoffe machen die Bewegungen der Luft mit. Die Kampfstoffwolke mischt sich mehr oder weniger rasch mit reiner Luft und verdünnt sich hierbei schließlich bis zur Ungefährlichkeit.

Hydrolysierende Mittel.

Der Wasserdampf in der Luft zersetzt bereits Phosgen und Clark I verhältnismäßig leicht. Alle übrigen Kampfstoffe sind in feuchter Luft beständig. Flüssiges Wasser zersetzt außerdem noch Perstoff, Lewisit und Lost[1]), soweit es in Wasser gelöst ist. Ziemlich beständig gegen Wasser sind die Weißkreuzkampfstoffe Bromaceton, Chloracetophenon, Brombenzylcyanid, ferner die Blaukreuzkampfstoffe Clark II und Adamsit. Beständig ist Lost in Ölform und Chlorpikrin.

Ähnliche zersetzende, hydrolysierende Wirkung wie flüssiges Wasser hat auch die im Erdboden befindliche Feuchtigkeit.

[1]) Löslichkeit von Lost bei 0° 0,033%, bei 25° 0,05—0,07%. Nach 1 Stunde sind 85% des Stoffes bei 20° hydrolysiert. R. Andreoni, Clin. Veterin. Rass. Poliz. Sanitar. **62**, 421 (1939); Cbl. **1939** II, 2115.

Die Hydrolyse führt unter Aufnahme von Wasser zur Abspaltung von Säure, wie es in folgenden Beispielen zu ersehen ist.

$$COCl_2 + H_2O = CO_2 + 2\,HCl$$

$$S\left\langle\begin{matrix}CH_2\cdot CH_2\cdot Cl + HOH\\ CH_2\cdot CH_2\cdot Cl + HOH\end{matrix}\right. = S\left\langle\begin{matrix}CH_2\cdot CH_2\cdot OH\\ CH_2\cdot CH_2\cdot OH\end{matrix}\right. + 2\,HCl$$

Die bei der Hydrolyse entstehenden Zersetzungsprodukte sind unschädlich, soweit sie nicht Arsen enthalten.

Die Zersetzungsgeschwindigkeit der Kampfstoffe durch Wasser hängt stark von der Temperatur ab. Bei kühler Witterung geht die Zersetzung nur langsam vor sich, während sie umgekehrt durch Kochen sehr beschleunigt werden kann.

Tierische und pflanzliche Fette und Öle haben für die chemischen Kampfstoffe ein größeres Aufnahmevermögen als Wasser. So nimmt z. B. Schweinefett und das in der Milch befindliche Milchfett mehr Lost auf als Wasser. An Gegenständen der verschiedensten Werkstoffe und Nahrungsmitteln lassen sich verschiedene Arten der Einwirkung beobachten. Kampfstoffe in Gas- und Schwebstofform werden an den Oberflächen mehr oder weniger stark adsorbiert, d. h. festgehalten. Die Gegenstände nehmen den Geruch an. Bei Nahrungsmitteln wird auch der Geschmack schon durch geringe Menge so verändert, daß die Lebensmittel unter Umständen ungenießbar sind. Alle Gegenstände, Kleidungsstücke, Sachen, Nahrungsmittel, welche mit Kampfstoffen in Gas- oder Schwebstofform zusammen gekommen sind, lassen sich durch Lüften von diesen Kampfstoffen befreien (Entgasen). Bei wasserhaltigen Lebensmitteln wird mitunter auch der Geschmack und Geruch durch die Zersetzungs-(Hydrolysen-)Produkte sehr stark beeinflußt.

Die hydrolytische Zersetzung der Kampfstoffe wird bedeutend erleichtert durch alkalische Mittel. Ihrer Ätzkraft entsprechend angeordnet kommen vor allem folgende in Frage:

Natriumbicarbonat, Hexamethylentetramin[1]), Borax, Seife, Soda, Kalkmilch, Ätzkalk, Ätznatron. Als Beispiel sei die Zersetzung des Phosgens

$$COCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2\,NaCl + 2\,CO_2$$

oder des Lostes

$$S\left\langle\begin{matrix}CH\cdot CH_2\cdot Cl\\ CH_2\cdot CH_2\cdot Cl\end{matrix}\right. + Na_2CO_3 + H_2O = S\left\langle\begin{matrix}CH_2\cdot CH_2\cdot OH\\ CH_2\cdot CH_2\cdot OH\end{matrix}\right. + 2\,NaCl + CO_2$$

[1]) Nach P. Bruère, P. Bouchereau, J. Pharmac. Chim. (8). **28** (130) 490 (1938); CBl. **1939** I, 2637, ist Hexamethylentetramin besonders zur Unschädlichmachung von Lost geeignet, weil es die bei der Hydrolyse ent-

erwähnt. Bei Lewisit I, welches auch durch Wasser leicht nach der Gleichung

$$ClCHCH \cdot AsCl_2 + H_2O = ClCHCH \cdot AsO + 2\,HCl$$

hydrolysiert wird, erfolgt mit Alkalien auch noch weitergehende Zersetzung unter Bildung von Acetylen, nach der Gleichung

$$ClCHCH \cdot AsO + Na_2O = NaCl + NaAsO_2 + C_2H_2$$

(Hierauf beruht eine Methode zur Bestimmung von Lewisit.)

Reduzierende Mittel.

Bei Perstoff und Bromaceton kann man die alkalische Verseifung beschleunigen, wenn man noch Reduktionsmittel, insbesondere Schwefelleber (K_2S) zusetzt.

Am beständigsten erweist sich das Chlorpikrin. Es läßt sich mit Natriumsulfit völlig in unschädliche Produkte verwandeln, gemäß der Gleichung

$$CCl_3 \cdot NO_2 + 3\,Na_2SO_3 + H_2O = CH(NO_2)\,(SO_3Na)_2 + 3\,NaCl + NaHSO_4.$$

Oxydierende Mittel.

Das Verfahren, Lost, den Hauptvertreter der Geländekampfstoffe, durch Kochen mit Wasser oder durch alkalische Stoffe in unschädliche Produkte überzuführen, genügt in manchen Fällen noch nicht. Gerade für diesen überaus gefährlichen Kampfstoff hat man noch nach anderen Wegen gesucht. Der wichtigste ist die Zerstörung durch Oxydation. Alle erdenklichen Oxydationsmittel, die Salze der

Übermangansäure (Kaliumpermanganat)
Chromsäure (Chromat)
Wasserstoffperoxyd (und Peroxyde)
Unterchlorige Säure (Chlorkalk, Natriumhypochlorit)
u. a., sowie Chlorgas und Chlorwasser

eignen sich hierfür. Sie führen Lost in Sulfoxyd und Sulfon über

$$(ClCH_2CH_2)_2S \rightarrow (ClCH_2CH_2)_2SO \rightarrow (ClCH_2CH_2)_2SO_2.$$

Durch Chloramin, ein wasserlösliches organisches Salz, welches stark oxydierend wirkt und die Formel

$$CH_3{-}C_6H_4 \cdot SO_2N\begin{matrix}\diagup Na\\ \diagdown Cl\end{matrix}$$

besitzt, wird ebenfalls das zweiwertige Schwefelatom des Lostes durch Überführung in ein wasserlösliches Sulfamin unschädlich gemacht.

$$CH_3{-}C_6H_4{-}SO_2N{=}S(CH_2 \cdot CH_2 \cdot Cl)_2.$$

---

stehende Salzsäure bindet und gleichzeitig Formaldehyd frei macht. Dieses härtet Eiweiß und lokalisiert damit die vergiftete Stelle.

Als stärkste Oxydation läßt sich dann noch die Verbrennung anwenden Es entstehen als Endprodukte gemäß

$$S(CH_2 \cdot CH_2 \cdot Cl)_2 + 13\,O = SO_2 + 4\,CO_2 + 2\,HCl + 3\,H_2O.$$

Allerdings erfolgt bei der Verbrennung infolge der lokalen Erhitzung auch Verdampfung eines Teiles des Kampfstoffes, so daß mit den Verbrennungsprodukten SO_2, CO_2 und H_2O auch noch giftige Schwaden entweichen.

Neue Wege, Lost unschädlich zu machen, können 3 Patentschriften entnommen werden. Danach geben aromatische Aminosäuren, Aminooxysäuren, Aminosulfosäuren z. B. o-aminobenzoesaures Äthyl in 10%iger Suspension mit Lost Produkte, welche nach einiger Zeit fest und kristallin werden und in Wasser schwer löslich sind[1]). Ebenso reagieren schnell mit Lost unter Bildung unschädlicher Verbindungen: Anilide, Anilsäuren, Säurederivate der Aminophenoläther oder der Hydrazine. Geeignet sind u. a. Acetanilid, Benzanilid, Carbanilid, Thiocarbanilid, Oxanilsäure, Phenacetin, Diphenylcarbazid[2]).

Lösungsmittel.

Außer den soeben beschriebenen Verfahren zur Vernichtung der Kampfstoffe, bei denen die Kampfstoffe zerstört bzw. in unschädliche Produkte übergeführt werden, besteht noch die Möglichkeit, Gegenstände, welche mit Kampfstoffen in Berührung gekommen sind, mit organischen Lösungsmitteln zu behandeln, welche den Kampfstoff herauslösen. Es handelt sich hierbei weniger um die Luftkampfstoffe, sondern um die in öliger Form abgeschiedenen seßhaften Kampfstoffe Lost und Lewisit. Solche Lösungsmittel werden vor allem dann angewandt werden, wenn durch die oben aufgeführten Entgiftungsmittel sekundäre Schädigungen der vergifteten Gegenstände auftreten würden. Die Methode der Lösungsmittelextraktion unterscheidet sich grundsätzlich von den übrigen, weil der Kampfstoff hier nur herausgelöst, aber nicht zerstört wird, also seine volle Giftigkeit noch besitzt.

2. Die Entgiftungsmittel

Im folgenden wird eine Zusammenstellung der wichtigsten, praktisch zur Zeit in Frage kommenden Entgiftungsmittel gegeben.

1. Wasser,
2. Natriumbicarbonat
3. Natriumcarbonat (Soda),
4. Hexamethylentetramin,

---

[1]) DRP. 694885, Joh. A. Wülfing, E. Sturm, CBl. 1940, II, 2119.
[2]) DRP. 674386, Joh. A. Wülfing, E. Sturm, CBl. 1939, II, 779. Siehe ferner DRP. 645919, CBl. 1937, II, 1497.

5. Seife,
6. Borax,
7. Kalk, Kalkmilch,
8. Kaliumpermanganat,
9. Wasserstoffperoxyd,
10. Chlorkalk,
    a) Technischer Chlorkalk[1]),
    b) Perchloron,
    c) Losantin 12,
11. Chloramin,
12. Lösungsmittel.

3. Die Entgiftungsverfahren

Die Beseitigung der Luftkampfstoffe, d. h. der Kampfstoffe in Gas- und Schwebstofform bereitet im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Durch Entgasen bis zum Geruchfreiwerden wird meist eine vollständige Entgiftung erzielt.

Es handelt sich daher bei den Entgiftungsverfahren um die Zerstörung und das Unschädlichmachen von Geländekampfstoffen.

Je nach der Empfindlichkeit des zu entgiftenden Gegenstandes und unter Berücksichtigung von Zeit und Kosten müssen die oben angegebenen Möglichkeiten von Fall zu Fall mit großem Verständnis ausgewählt werden[2]).

a) Die Entgiftung des Menschen

Frische Spritzer von Lost auf der Haut werden mit saugfähigen Stoffen aufgesaugt und so zum großen Teil entfernt. Anschließend bringt man ein besonders hierfür geschaffenes Chlorkalkpräparat[3]), das sog. „Hautentgiftungsmittel" (in Tablettenform) in Form eines Breis auf die betreffende Stelle, den man mit Hilfe von etwas Flüssigkeit (Wasser, Kaffee u. a.) unter Verwendung einer solchen Tablette leicht herstellen kann. Je schneller das Verfahren angewandt wird, um so sicherer ist

[1]) Nach einer Verfügung des Reichsführers SS und Chefs d. D. Pol. und R. d. I. vom 17. 8. 1939 werden von der Verteilungsstelle f. Chlorkalk, Frankfurt a. M. folgende Chlorkalkprodukte verkauft:
Chlorkalk LWE (Alkaliwerke Westeregeln G. m. b. H.).
Chlorkalk LIG (I.G. Farbenindustrie AG.).
Chlorkalk LSW (Deutsche Solvaywerke AG.).

[2]) Siehe hierzu Hetzel, Fehler beim Entgiften. Dräger-Hefte **1938**, 3792, 3846, 3911.

[3]) Die Zusammensetzung einiger ausländischer Trockenpuder:
1 Teil Caporit (70% Chlor) + 4 Teile $MgCO_3$; 1 Teil Chlorkalk (30%) + 1 Teil MgO, v. Giffen, Pharmac. Weekbl. **76**, 1285 (1939). 1 Teil Caporit (70%) + 2 Teile MgO, D. H. Wester, Pharmac. Weekbl. **76**, 1327 (1939).

der Erfolg. An empfindlichen Stellen z. B. den Augen darf das Hautentgiftungsmittel unter keinen Umständen angewandt werden. Hier kommen Spülungen mit Natriumbicarbonat (1%ig) in Frage. Zur Entgiftung der Mundschleimhäute läßt man mit Kaliumpermanganat (0,1%) spülen. Haben die Vergiftungserscheinungen größeren Umfang angenommen, dann findet eine vollständige Entgiftung in den hierfür vorgesehenen LS-Rettungsstellen statt. Nach Abgabe der vergifteten Kleidung wird durch ein Bad unter Verwendung von Seife, mitunter auch Natriumbicarbonat oder Chloramin, die Entgiftung erreicht und der Betreffende im Anschluß daran mit frischer Wäsche und Kleidung ausgestattet.

Es sind auch Versuche angestellt worden, den ganzen Mann mit Kleidung und aufgesetzter Gasmaske in einer Chlorgas-Atmosphäre zu entgiften.

b) Die Entgiftung von Kleidung, Wäsche

Es handelt sich um Stoffgewebe verschiedener Empfindlichkeit. Während Lost an sich vom Gewebe je nach dessen Porosität und je nach Vorhandensein von „Abstoßungsmitteln", mit denen es imprägniert ist, in verschieden starkem Maße aufgenommen wird, ohne es chemisch zu verändern, müssen die Entgiftungsverfahren mit besonderer Sorgfalt ausgewählt werden. Denn empfindliche Stoffarten, wie Wolle und Seide werden von alkalischen Stoffen, vor allem bei höherer Temperatur stark angegriffen und verfilzt. Die Oxydationsmittel greifen ebenfalls Wolle und Seide stark an und wirken außerdem noch bleichend auf die Farbstoffe des Gewebes.

Einzelne Losttropfen wird man — vor allem, wenn wenig Zeit vorhanden ist — mit Hautentgiftungsmitteln beseitigen, nachdem man zuvor mit porösen Stoffen (Watte, Erde u. a.) den größten Teil aufgesaugt und entfernt hat. Man wird hier Sorge tragen, den Kampfstoff so schnell als möglich zu beseitigen, noch ehe er in den porösen Kleiderstoff einzieht. Ist viel Zeit vorhanden, so kann eine Entgiftung durch Lüftung durchgeführt werden. Sie ist zwar die mildeste und billigste Methode, erfordert aber zu viel Zeit. Einlegen in Wasser und öfteres Wechseln des Wassers oder Behandlung der Kleidungsstücke mit überhitzten Wasserdampf führen unter bestimmten Bedingungen zum Ziele. Die Entgiftung im Wasser kann man beschleunigen, indem man etwas Soda zusetzt.

Die trockene Entgiftung mit Chlorgas ist ebenfalls verschiedentlich empfohlen worden.

Analog findet die Entgiftung der Wäsche statt. Auch hier muß man bei der Auswahl der Entgiftungsmittel die Empfindlichkeit des Materials berücksichtigen.

c) Gegenstände aus Metall

Grobe Geräte wird man zunächst mit Hilfe von Wasser vom Kampfstoff befreien. In solchen Fällen, wo Wasser schlecht zu verwenden ist, wird man den Kampfstoff durch Verbrennen zu beseitigen versuchen. Hierzu kann eine Lötlampe benutzt werden. Als Beispiele hierfür seien Entgiftung von Brückengeländern oder von Spaten und Hacken genannt. Sind die zu entgiftenden metallischen Teile mit einem Schutzanstrich[1]) versehen, so läßt sich die Entgiftung durch Verwendung von Chlorkalk und anderen chemischen Mitteln durchführen.

Wertvolle optische und elektrische Geräte können nicht mit Wasser oder Alkalien oder Oxydationsmitteln entgiftet werden. Vor allem bei elektrischen Geräten würden die Entgiftungsmittel, sofern sie Leiter des elektrischen Stromes sind, Störungen hervorrufen. Solche Geräte sind mit einem Lappen, welcher mit Lösungsmittel wie Benzin oder Alkohol getränkt ist, abzuwischen, besser aber, wenn irgend möglich, von vornherein völlig gegen Gelbkreuz zu schützen.

d) Nichtmetallische Werkstoffe und Gegenstände

Hier sind besonders Holz, mineralische Baustoffe und Kunststoffe zu behandeln.

Je nach der Dichtigkeit von Holz und je nachdem, ob der Kampfstoff parallel oder senkrecht zu den Jahresringen eindringt, kann die Entgiftung mehr oder weniger Schwierigkeiten machen. Holz ist schon an und für sich schwer zu entgiften, weil der eingedrungene Lostkampfstoff nur schwer wieder entfernt werden kann. Aus diesem Grunde ist es z. B. am besten, einen Holzfußboden, in welchen Lost eingedrungen ist, wegzureißen und zu vernichten. Bei kleineren Geräten aus Holz kann durch längere Einwirkung von Chlorkalkbrei eine vollständige Entgiftung erreicht werden. Schutzanstriche auf Holz, wie z. B. solche auf Chlorkautschukgrundlage, bieten einen ausgezeichneten Schutz.

Mineralische Baustoffe: Natursteine wie Granit oder künstliche wie Ziegelsteine, Zement, werden von Gelbkreuz chemisch nicht verändert; sie unterscheiden sich hinsichtlich ihres Absorptionsvermögens (Abb. 26). Grundsätzlich kommt die Entgiftung durch Wegspülen

[1]) Ein Anstrichmittel, welches gegen fl. und vernebelte Kampfstoffe schützt, besteht nach dem DRP. (Zweigstelle Österreich) 156479 der I.G. Farbenindustrie aus Chlorkautschuk und feinen schuppen- oder blättchenförmigen Füllstoffen (z. B. Glimmer, Talkum, Fischschuppen). Beispiel: 100 Teile Chlorkautschuk, 5 Teile p-Toluolsulfamid in 855 Teilen Toluol lösen und 40 Teile Glimmerpulver zusetzen. Das Mittel eignet sich auch für Holz und Pappe.

mit Wasser um so mehr in Frage, je dichter das betreffende Material ist, d. h. je weniger der Kampfstoff in das Material eingedrungen ist. Umgekehrt wird mit zunehmender Porosität die Entgiftung immer schwieriger, weil der Kampfstoff in die Poren des Materials eindringt und dann schwer herauszubringen ist. Die Einwirkungsdauer von Chlorkalk und anderen chemischen Mitteln ist dann auch bedeutend länger. Kunststoffe weisen recht große Dichtigkeit und gute Wider-

Abb. 26.

standsfähigkeit gegenüber Lost auf. Es dringt so gut wie gar nicht in dieses Material ein. Es verhält sich hinsichtlich der Entgiftung etwa wie dichtes Steinmaterial.

e) Gelände

Für die Entgiftung von Straßenpflaster und Steinbauten werden Verfahren angewandt, die der Porosität des Baumaterials entsprechen. Nach Möglichkeit wird Wasser benutzt, wobei zu berücksichtigen ist, daß das abfließende Wasser den Kampfstoff noch enthält und daher mit Vorsicht zu behandeln ist. Wird Chlorkalk verwendet, so versucht

man, aus Ersparnisgründen die Menge herabzusetzen, indem man außer durch Wegspülen mit Wasser oder durch Aufsaugen mittelst Erde oder Sand, den größten Teil des Kampfstoffs entfernt. Vorgeschlagen wurden kürzlich Würfel aus saugfähigen Zellstoff u. a., welche man auf die vergifteten Stellen streut, anschließend zusammenkehrt und verbrennt oder vergräbt[1]). Auf diese Weise läßt sich der Verbrauch von Chlorkalk auf einen geringst möglichen Betrag herunterdrücken.

Weil es ganz darauf ankommt, um wieviel Kampfstoff es sich handelt und wo er sich befindet — ob auf der Oberfläche oder ob er in das Material eingedrungen ist — sind die Angaben über die Mengen, welche man pro Quadratmeter rechnet, verschieden und schwanken zwischen 100 und 500 g/qm.

Erd- und Sandboden, welcher mit Lost vergiftet ist, wird behelfsmäßig entgiftet, indem er umgegraben oder die oberste Schicht abgetragen wird. Man kann auch Chlorkalk streuen und zur besseren Vernichtung die obere Schicht des Bodens umgraben.

f) Nahrungsmittel.

Außer den typischen Gelbkreuzkampfstoffen hat man hier vor allem noch mit direkten Vergiftungen durch die arsenhaltigen Blaukreuzkampfstoffe zu rechnen. Soweit die Kampfstoffe nur in Gas- oder Schwebstofform mit den Nahrungsmitteln zusammengekommen sind, treten nennenswerte Vergiftungen infolge der geringen Konzentrationen nicht auf. Beeinträchtigung des Geruchs und Geschmacks, die auch beim Lüften oder hydrolytischem Zersetzen nicht verschwindet, können dazu führen, daß die betreffenden Nahrungsmittel nicht mehr genießbar sind. Kampfstoffe in fester und flüssiger Form setzen sich auf der Oberfläche fest. Die flüssigen dringen in das Innere der festen Nahrungsmittel ein. Fettgehalt z. B. bei Fleisch begünstigt die Aufnahme und das Eindringen. Schalen bei Obst bieten dagegen mehr oder weniger Schutz. Unter den flüssigen Nahrungsmitteln spielt vor allem die Milch eine erhebliche Rolle, weil die Aufnahme hier besonders begünstigt wird durch den hohen Gehalt an Milchfett, welches für Lost eine größere Löslichkeit hat. Zur Entgiftung wird man nach Möglichkeit bei festen Nahrungsmitteln die oberen Schichten wegschneiden und vernichten. Die übrigen Teile kann man genießen, nachdem man durch Kochen die restlichen Mengen von Giftstoff zerstört hat. Wenn jedoch die Kampfstoff-Untersuchungsstelle arsenhaltige Kampfstoffe z. B. Lewisit festgestellt hat, und die örtlich vergifteten Stellen sich nicht durch Abtragen entfernen lassen, dann muß das betreffende Lebensmittel völlig vernichtet werden.

[1]) DRP. 694862, Stoltzenberg.

Flüssigkeiten können durch Kochen entgiftet werden und sind, sofern der Geruch und Geschmack nicht zu sehr verändert wurde und keine arsenhaltigen Kampfstoffe vorgelegen haben, genießbar. Nur bei Milch[1]) führt die Entgiftung durch Kochen nicht zum Ziel, weil die Milch vor Beendigung der Kochentgiftung zu gerinnen beginnt.

Chemische Entgiftungsmittel für Lebensmittelentgiftung zu verwenden, ist im allgemeinen nicht möglich. Allenfalls kann man bei geringen Vergiftungen der Oberfläche mit verdünnten Lösungen von Kaliumpermanganat arbeiten. Die Verwendung von Chemikalien kommt allenfalls zur Entgiftung von Trinkwasser in Frage. Es wurde vorgeschlagen[2]), den Kampfstoff Lost mit Chlorkalk zu zerstören und anschließend das Wasser durch Aktivkohle zu filtrieren.

4. Die Durchführung der Entgiftung

Kleine Vergiftungen auf der Haut, der Kleidung durch Kampfstoffe, insbesondere durch Gelbkreuz kann der Einzelne selbst bekämpfen, ihm steht vor allem das Hautentgiftungsmittel (in Tablettenform) zur Verfügung[3]). Die Tabletten bestehen in der Hauptsache aus Losantin, einem besonders haltbaren Chlorkalkpräparat, welches noch durch Zusatz anderer Stoffe so verändert ist, daß es milder auf die Haut wirkt als Chlorkalk. Auch behelfsmäßige Entgiftung der Augen mit Natriumbicarbonatlösung oder Spülungen des Mundes mit Kaliumpermanganatlösung oder Waschungen des Körpers mit Seife oder Chloraminlösung wird er selbst ausführen können. Allgemein erfolgt aber bei umfangreicheren Vergiftungen die Entgiftung von Mensch und Kleidung durch LS.-Rettungsstellen und Sachenentgiftungsanstalten.

Die Entgiftung von Häusern, Straßen, Plätzen usw. liegt in den Händen des S.u.L.D. Es ist selbstverständlich, daß die mit der Entgiftung Beauftragten Gasbekleidung und Gasmaske tragen und daß nach der Entgiftung eine Entgiftung der Gasbekleidung und des Entgifters selbst stattfindet.

F. Gasschutz der Tiere

Die Tiere sind im großen und ganzen ebenso empfindlich gegen Kampfstoffe wie der Mensch[4]). Hinsichtlich des Wirkungsgrades auf einzelne Körperteile bei den verschiedenen Tierarten sind Unterschiede

[1]) Siehe hierzu Chem. CBl. **1939** I, 1884.

[2]) Sandulescu, Revista Sanitara Militaria, März 1938, Referat in: Gas- und Luftschutz **9**, 59 (1939).

[3]) Erfolgreiche Behandlung von Hautschäden mit Aktivkohle siehe Schöbesch, Antigaz **12**, 436 (1938); CBl. **1939** I, 1913.

[4]) Richters, Die Tiere im chemischen Krieg, 3. Aufl., 1937.

vorhanden. So ist z. B. die Augenreizwirkung der Weißkreuzkampfstoffe beim Pferd ziemlich gering, während der Hund gegen die Wirkung der Gelbkreuzkampfstoffe auf der Haut wesentlich empfindlicher als der Mensch ist.

Der Gasschutz der Tiere läßt sich durch Einzelschutz der Tiere nicht in ähnlicher Weise wie beim Menschen durchführen. Denn ebenso wie der Mensch hat jede Tierart eine bestimmte Atemtechnik und einen ihrer Art entsprechenden Umsatz an Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser. Dieser Unterschied erfordert, daß für jede Tierart der Atemschutz für sich behandelt wird. Es entstehen Gasschutzgeräte, die sich hinsichtlich des Äußeren und in der Wirkungsweise erheblich voneinander unterscheiden.

Besonders eingehend hat man sich von jeher im In- und Ausland mit dem Gasmaskenproblem bei Pferd und Hund beschäftigt. Lange Zeit enthielt die Maske für beide Tierarten feuchtes Filtermaterial. Die Verwendung von trocknen Filterstoffen, vor allem von aktiver Kohle scheiterte zunächst an der Bereitstellung der notwendigen Mengen von Aktivkohle und an den großen Mengen von Wasser, welches bei manchen Tieren durch das Maul abgegeben wird. So beträgt z. B. die Menge eingeatmeter Luft beim Pferd in Ruhe etwa 40—60 l pro Minute, ist also 7—8mal größer als beim Menschen. Beim Hund wird das Gasmaskenproblem besonders dadurch erschwert, daß die durch Arbeitsleistung bedingten Temperaturunterschiede nicht durch Schwitzen des ganzen Körpers, sondern durch Verdunstung von Wasser auf der Mundschleimhaut und auf der Zunge erfolgt. Der Hund steigert bekanntlich bei Arbeitsleistung die Menge der geatmeten Luft von etwa 5 l/min. auf 50—75 l/min. und vermag dadurch bis zu 200 g Wasser zu verdunsten. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß derartige Mengen von Wasser bei der Entwicklung eines Aktivkohlefilters, welches empfindlich gegen Wasser ist, erhebliche Schwierigkeiten bereiten.

Aus den Betrachtungen geht hervor, daß bei der Konstruktion von Gasmasken für Tiere neben der Verschiedenheit der Kopfform vor allem die Menge der zum Atmen nötigen Luft und die mit der Ausatemluft abgegebene Wassermenge zu berücksichtigen ist. Auf Grund dieser Erkenntnisse ist in der letzten Zeit eine Trockenmaske für Pferde und eine feuchte Maske für Hunde geschaffen worden.

Mit der Ausrüstung der Tiere mit Gasmasken ist jedoch der Einzelgasschutz nicht vollkommen. Das gilt vor allem für den militärischen Einsatz von Pferd und Hund hinsichtlich der Wirkung der Geländekampfstoffe. Um die Einwirkung von Gelbkreuz auf Beine auf ein geringstes Maß herabzusetzen, sind in verschiedenen ausländischen Staaten Beinlinge oder besondere Schuhe für Tiere geschaffen worden.

Vielfach wird man aber gerade bei Tieren zu behelfsmäßigen Schutzmitteln der Atemorgane und der Füße greifen müssen. Ein feuchter

Futtereimer oder zwei ineinandergestellte, welche eine feuchte Zwischenlage enthalten, und zur weiteren Abdichtung oberhalb des Pferdemauls durch ein Gebinde möglichst dicht an die Kopfhaut angelegt sind, liefern den behelfsmäßigen Atemschutz. Lappen, Stroh, feuchtes Gras werden zum Schutze gegen Gelbkreuz um die Beine gebunden. Allgemein wird man, um Kampfstoffeinwirkung beim Durchqueren von vergiftetem Gelände zu vermeiden, Sorge tragen, daß das betreffende Tier wenig angestrengte Arbeit leistet, um die Menge der Atemluft so niedrig wie möglich zu gestalten, daß die Einwirkung von Gelbkreuz auf die Haut durch Anstreifen an gelbkreuzvergiftetes Pflanzenmaterial und das Fressen von vergiftetem Futter und das Trinken vor allem aus stehenden Gewässern verhindert wird.

Wichtig ist der Schutz gegen Kampfstoffe für die in Ställen untergebrachten Tiere, das gilt besonders für die Haustiere, Pferde, Rinder, Schweine. Undichtigkeiten in den Wandungen und an Fenstern sind mit Kitt zu dichten. Empfohlen wurde auch Bekleben von undichten Holzwänden mit Papier[1]). An den Türen wird man feuchte Decken (Woilach) aufhängen.

Gemäß § 3 der 7. Durchführungsverordnung vom 23. 5. 1939 zum Luftschutzgesetz besteht auch für Eigentümer von Stallungen, in denen Pferde, Rinder und Schweine gehalten werden, die Verpflichtung, Selbstschutzgeräte zu beschaffen. Es handelt sich hierbei zunächst um Stallungen, die sich dort befinden, wo gemäß der 3. Durchführungsverordnung die Entrümpelung durchzuführen ist.

Bei Einwirkung von Kampfstoffen auf Haustiere[2]) ist dafür zu sorgen, daß sie das vergiftete Gelände quer zur Windrichtung verlassen. Sofern es möglich ist, sollen sie viel sauberes Trinkwasser bekommen. Bei Berührung mit Luftkampfstoffen werden zur Linderung der Reizung die Schleimhäute mit lauwarmem Wasser gespült. Frische Luft und viel Ruhe sind ebenfalls unbedingt nötig.

Die Vergiftung der Haut mit Geländekampfstoff ist meist daran zu erkennen, daß sich in der nächsten Umgebung des Kampfstoffspritzers die Haare sträuben. Spritzer sind zunächst mit Watte abzutupfen. Der Wattebausch soll so groß sein, daß man sich bei der Entgiftung nicht selbst vergiftet. Bei wenigen Spitzern bringt man mit einem Holzspatel einen Chloramin- oder Chlorkalkbrei auf und spült ihn nach Einwirkung von etwa 10 Minuten mit viel Wasser ab. Bei ausgedehnteren Vergiftungen berieselt man die betreffenden Stellen mehrfach mit dünnen Aufschlemmungen von Chlorkalk oder Seifenwasser (Verwendung von Luftschutzbandspitzen, Gießkannen. Kein scharfer Strahl!) und bürstet gleichzeitig die Tiere mit langstieligen

[1]) Richters, Gas- und Luftschutz **3**, 144 (1933).
[2]) Sirene **1940**, 574.

Bürsten von vorn nach hinten und von oben nach unten. Das Absprühen und Abbürsten ist dreimal zu wiederholen. Es ist darauf zu achten, daß das Entgiftungsmittel hierbei nicht in die Augen und sonstige empfindliche Stellen des Körpers gelangt. Anschließend werden die Tiere mit klarem Wasser abgespült, oder, wenn möglich, in fließendes Wasser gestellt. Augen, Nasen- und Maulschleimhäute werden mit lauwarmen Salzwasser (1 Eßlöffel Kochsalz auf 1 l Wasser) ausgespült. Die erforderlichen Mittel zur Behandlung kampfstoffvergifteter Tiere sind im „Tierluftschutzkasten 39" zusammengestellt. Der Kasten enthält zur Durchführung obiger Angaben neben Mitteln zur Behandlung von Verletzungen und Brandwunden:

2 Pappschraubdosen mit 850 g Chloraminpuder in Papierbeuteln mit Pergamineinlage.
5 Rollen Verbandwatte zu 50 g.
1 Holzspatel 160:16 cm.

VI. Erste Laienhilfe und erste ärztliche Hilfe

Von Oberstarzt Dr. Laun

1. Allgemeines

Die Mannigfaltigkeit der Luftangriffsmöglichkeiten birgt in sich eine Fülle von Gefahrenquellen für Leben und Gesundheit der Gesamtbevölkerung wie jedes Einzelnen. Schon die mit dem Luftangriff verbundene Erregung vermag bei Kranken und Nervenschwachen schwerste seelische und körperliche Erschütterung auszulösen. Die durch die notwendigen Schutzmaßnahmen bedingte Störung des gewohnten Arbeitsganges und Verkehrsbetriebes kann die verschiedenartigsten Unfälle hervorrufen. Die Brisanzbomben gefährden uns durch unmittelbare Spreng- und Splitterwirkung, Hauseinstürze und Brände. Brandbomben drohen durch zahlreiche Brandherde Feuersbrünste mit allen ihren schweren Folgen zu entfesseln. Die Anwendung von chemischen Kampfstoffen bringt weitere Gesundheitsgefahren mit sich, sie erhöht das Gefühl der Unsicherheit und erschwert die Hilfeleistung. Durch sachgemäßes Verhalten der Gesamtheit wie des Einzelnen werden diese Gefahren außerordentlich vermindert, jedoch nicht völlig beseitigt. Wohl lassen sich allgemeingültige Richtlinien für das Verhalten des ersten Helfers aufstellen, die Herausgabe einer für jeden Einzelfall streng bindenden Anweisung erscheint jedoch nicht möglich.

Wer ruhiges Blut bewahrt, wird im Augenblick höchster Not den richtigen Weg finden, sich selbst und seinen Mitmenschen zu helfen. Die Eigenart der Verhältnisse während eines Luftangriffs bringt es mit sich, daß die Hilfe von Ärzten und ausgebildeten Heilgehilfen häufig erst spät zu erreichen ist. Der erste Helfer wird damit vor eine verantwortungsvolle Aufgabe gestellt. Von der richtigen Ausführung seiner Hilfeleistung hängen oft Leben und Gesundheit des Betroffenen ab.

a) Ausbildung

Richtige Maßnahmen des ersten Helfers setzen ein nicht unbedeutendes Maß von Kenntnissen der menschlichen Lebensvorgänge, der Einwirkung der einzelnen Schädigungen und der ersten Hilfe selbst

voraus. Auf den schon im Schulunterricht erworbenen Grundkenntnissen über den Bau des menschlichen Körpers und seiner Verrichtungen müssen die Sanitätsfibel, Krankenpflegebücher, die Lehr- und Unterrichtsbücher und Anleitungen der einzelnen Verbände, z. B. des Roten Kreuzes, weiterbauen[1]).

In Kursen und möglichst oft wiederholten Übungen ergänzen wir das theoretische Wissen durch die praktische Ausbildung. Ausführlicher auf dieses Grundwissen einzugehen, würde den Rahmen der Arbeit weit überschreiten.

Zu diesem Wissen muß sich natürlicher Menschenverstand, ruhige Überlegung, entschlossenes, opferbereites Handeln, aber auch ein gewisses Maß von Körperkräften gesellen.

Eine strenge Vorschrift für das Vorgehen im Einzelfall läßt sich nicht aufstellen. Hilfeleistung ohne jede Gefahr für den Helfer erheischt anderes Vorgehen als Hilfe, die unter dauernder Lebensgefahr durch Splitterwirkung, Einsturz und Feuer geleistet wird oder die in kampfstoffvergifteter Umgebung gebracht werden muß. Art und Zahl der Verletzungen der Verunglückten, das Zusammentreffen verschiedenster Verletzungen und Gesundheitsstörungen stellen immer wieder vor ungeahnte Aufgaben und neue Entschlüsse. Es lassen sich also nur allgemeine Richtlinien geben.

b) Grundregeln

Das nächste Ziel für jede Art dieser Hilfeleistung ist immer die Abwendung unmittelbarer Lebensgefahr. Über den durch besondere Umstände erforderlichen sofortigen Maßnahmen vergesse man aber nie das weitere Ziel der ersten Hilfe, gerade bei schwereren Verletzungen: möglichst rasche und schonende Überführung des Verunglückten in ärztliche Behandlung. Jede Vielgeschäftigkeit ist von Übel. Kostbare Zeit geht dabei verloren. Der Schaden wird vergrößert.

Gasschutz geht vor Wundschutz! Bei Gasgefährdung, gleichgültig, ob es sich um Kampfstoffe oder andere Giftgase handelt, müssen zunächst die zur Verhinderung weiterer Giftgaseinwirkung nötigen Maßnahmen ergriffen werden. Die vordringlichste Forderung ist rascheste Entfernung aus der vergifteten Atmosphäre unter entsprechendem Atemschutz.

Bei lebensbedrohlichen Blutungen muß am Unfallsort sofortige Blutstillung erfolgen, weiterhin gilt auch hier wie in allen anderen Fällen die erste Sorge dem Bergen des Verletzten aus der Gefahrennähe.

[1]) Siehe u. a. Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen; Lamberg-Fuchs, Erste Hilfe; Laun, Vademekum des Truppenarztes. Erste Hilfe; Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen.

Scheintod (Atemstillstand) infolge Verletzung durch elektrischen Strom, Ertrinken, Verschüttung, oder infolge Vergiftung mit Gasen, welche ohne die Lungen zu schädigen Erstickung herbeiführen (z. B. Kohlenoxyd, Blausäure, Kohlendioxyd), erfordert zur Wiederbelebung rascheste Einleitung der künstlichen Atmung. So sehr die künstliche Atmung in allen diesen Fällen angezeigt ist, in welchen die Erstickung durch Sauerstoffmangel ohne Schädigung der Lungen hervorgerufen wird, so darf sie keinesfalls bei Atemnot infolge Einatmung von Kampfstoffen oder nitrosen Gasen angewendet werden. Die Atembehinderung beruht im letzteren Fall immer auf Veränderungen an den Luftwegen, besonders an den Lungen.

Sauerstoffbehandlung ist sowohl bei Erstickungsgefahr infolge Atemstillstandes wie bei der hochgradigen durch Lungenschädigung hervorgerufenen Atemnot von großem Vorteil. Doch darf die Sauerstoffzufuhr bei Erkrankung der Lungen nicht unter Druck erfolgen.

Knochenbrüche bedürfen eines Stützverbandes. Die natürliche Schiene für das verletzte Bein ist das gesunde Bein, für den Arm der Brustkorb. Ein Helfer allein kann Knochenbrüche in den seltensten Fällen sachgemäß versorgen. Feuchte Umschläge oder Verbände gehören nicht zur ersten Hilfe bei Knochenbruch. Insbesondere wenn der Knochenbruch mit einer Durchtrennung der Haut, also einer Wunde, einhergeht, darf niemals feucht behandelt werden!

Als weitere wichtige, allgemeingültige Regel merke: niemals flöße einem Bewußtlosen, ganz gleichgültig, ob mit oder ohne Verletzung, irgendetwas durch Mund oder Nase ein! Die infolge des fehlenden Schluckreizes in die Atemwege gelangende Flüssigkeit führt entweder zu unmittelbarer Erstickung oder zu nachfolgender tödlicher Lungenentzündung (Schluckpneumonie). Immer denke man an den Schutz des Hilfsbedürftigen vor Abkühlung und hülle ihn gegebenenfalls mit Kleidern usw. warm ein!

2. Erste Hilfe bei Gesundheitsstörungen infolge Schreck und Erregung

Vor der Betrachtung einzelner Maßnahmen bei verschiedenen Verletzungen sei hier hingewiesen auf Gesundheitsstörungen, die allein schon die mit einem Luftangriff verbundene Aufregung auslösen kann. Ich denke an die Ohnmacht, den Schlaganfall, an das Auftreten hysterischer und epileptischer Anfälle.

Ohnmächtige, meist herz- oder nervenschwache Leute, lagern wir bequem und möglichst flach; durch Haut- und Geruchsreize rufen wir sie wieder ins Bewußtsein zurück.

Bei dem vom Schlaganfall Getroffenen — die Kranken liegen mit hochrotem Kopf in tiefer Bewußtlosigkeit — erschöpft sich die erste

Hilfe in bequemer Lagerung mit erhöhtem Kopf. Tritt Erbrechen auf, so dreht man zur Vermeidung des Verschluckens den Kopf seitwärts, eine Hilfe, die man allen erbrechenden Bewußtlosen angedeihen lassen muß.

Beim Hysteriker kann ein Guß kalten Wassers oft Wunder wirken und den Anfall beenden. Dem hysterischen Anfall gehen meist Reizbarkeit, Herzklopfen, Schwindel voraus. Der Hysteriker verletzt sich kaum beim Fallen im Gegensatz zu dem meist schlagartig ohne Vorboten zusammenbrechenden Epileptiker, der sich oft dabei Verletzungen zuzieht.

Gegen die epileptischen Anfälle erreicht brüskes Vorgehen nichts. Es kann im Gegenteil nur die Krämpfe steigern.

Anwesende Angehörige des Erkrankten kennen die Natur der Krämpfe und werden auch mit den nötigen Maßnahmen wohl vertraut sein. Kann der Laie bei einem Unbekannten aus den Erscheinungen nicht entscheiden, ob es sich um Hysterie oder Epilepsie handelt, so muß er unbedingt jedes rohe Zufassen vermeiden.

Auf jeden Fall wird der von Krämpfen Geschüttelte so in Decken eingehüllt gelagert, daß er sich nicht verletzen kann. Zur Schonung der Nervenkräfte der übrigen Schutzrauminsassen bringt man den Kranken schon bei den ersten Anzeichen eines Anfalles aus dem gemeinsamen Aufenthaltsraum heraus, soweit es irgend ohne größere Gefährdung möglich ist.

Zur schwersten Belastung für ihre Mitmenschen werden Willensschwache und Hemmungslose. Ihr sinnloses Gebaren vermag nicht selten eine unheilschwangere Panik auszulösen. Ist Beruhigung derartig willensschwacher und hemmungsloser Menschen durch vernünftigen Zuspruch nicht zu erzielen, so ist zur Vermeidung größeren Unheils oft die Anwendung uneingeschränktester Gewalt nicht zu umgehen. Unbedingt und mit vollstem Rechte geht gerade in diesen Fällen der Schutz des Gemeinwohles vor gegenüber der Rücksicht auf den Einzelnen. Die von manchen Autoren[1]) vorgeschlagene perorale oder subkutane Verabreichung von Beruhigungsmitteln durch Laienhand erscheint mir nicht nur technisch schwieriger, sondern hier auch psychologisch fehl am Platze. Die beste Gewähr für die Überwindung der Panikstimmung bietet eisern straffe Selbstzucht aller, nicht weichliches Nachgeben gegen Psychopathen!

Kurz streifen will ich eine andere mögliche Folge der mit dem Fliegeralarm verbundenen Aufregung und der körperlichen Anstrengung beim hastigen Aufsuchen des Schutzraumes. Bei Hochschwangeren kann Erregung eine überstürzte Geburt auslösen. Man vermeide jede Vielgeschäftigkeit und sorge für bequeme Lagerung! Wenn auch er-

[1]) Gasper, Eine ärztliche Frage zum Luftschutzproblem. Med. Welt S. 1551 (1933).

fahrene Frauen den nötigen Beistand werden leisten können, so sind Mutter und Kind wegen der mit einer Geburt unter so schwierigen Verhältnissen verknüpften Gefahren doch so bald wie möglich ärztlicher Obhut zuzuführen. In Zeiten, in welchen mit Luftangriffen gerechnet werden muß, ist Hochschwangeren dringend rechtzeitiges vorbeugendes Aufsuchen einer geburtshilflichen Anstalt zu empfehlen.

3. Erste Hilfe bei Verletzungen

a) Geringfügige Wunden

Im einzelnen bedürfen kleine, wenig blutende Riß-, Schnitt- und Quetschwunden keiner besonderen Hilfe. Das von Laien vielfach geübte Auswaschen derartiger Wunden ist nicht ungefährlich. Vorteilhafter ist Selbstreinigung der Wunde durch kräftige spontane Blutung. Umfangreichere Schmutzteilchen werden aus der Wunde durch vorsichtiges Abtupfen mit sterilem Verbandmull oder frischen, weißen Tuchtupfern entfernt. Niemals darf der Helfer die Wunde mit seinen Fingern oder unreinen Verbandmitteln berühren! Die Gefahr der Keimeinschleppung ist größer bei Bedeckung der Wunden mit unsterilem schmutzigen Verbandzeug als wenn man sie zunächst offen, aber unberührt, läßt. Den besten ersten Schutzverband gibt das sterile Verbandpäckchen (Abb. 27, 28, 29). Die sog. Schnellverbände (Leukoplast mit imprägnierten Mullstreifen) leisten bei kleinen Wunden sehr gute Dienste. Für Kopfwunden sind die Schleuderverbände sehr vorteilhaft (Abb. 30, 31).

Abb. 27. Geschlossenes steriles Verbandpäckchen

b) Stillung starker Blutungen

α) Schlagaderblutung an Arm oder Bein. Stärkere Blutungen stehen häufig bei senkrechtem Erheben des verletzten Gliedes. Hans[1]) schlägt zur Unterstützung lokalen Druck mit sauberem Verband vor; Unterbrechung des Blutzustromes herzwärts von der Wunde erscheint mir vorteilhafter, weil damit die Berührung der Wundfläche vermieden wird. Die entsprechenden Handgriffe am Oberarm und Oberschenkel sind nicht so schwer, daß sie nicht auch von Laien bei einigermaßen Übung erlernt werden könnten. Auch durch stärkste Abknickung des blutenden Gliedes ist Blutstillung möglich (Fuchs[2])) (Abb. 32, 33, 34, 35).

Kommt es nach Lösung des etwa 5—10 Minuten lang auszuübenden Druckes zu erneuter Blutung, so legt man am Oberarm bzw. Oberschenkel eine elastische Binde (Gummibinde) an; die Binde muß ganz

[1]) Hans, Gegen Fehldogmen in der Samariterlehre. Med. Welt S. 806 (1933).

[2]) Lamberg-Fuchs, Erste Hilfe S. 130.

straff angezogen und gegen Lösung gesichert werden. Gute Notbehelfsmittel sind für diesen Zweck Hosenträger, Gummischläuche, aber auch Lederriemen, Handtücher usw. (Abb. 36, 37). Abbinden mit Schnüren ruft schwere Schädigung hervor.

Abb. 28. Handgriff beim Anlegen des Verbandpäckcheninhalts

Abb. 29. Fertiger Verband aus Verbandpäckchen

v. Esmarch-Kimmle, Erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen. Verlag F. C. W. Vogel, Berlin 1931

Abb. 30. Kinnschleuder

Abb. 31. Kopfschleuder

Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen. Verlag Theod. Thomas, Leipzig

Das Anlegen von Abschnürungen, welche durch ein über dem Gefäßstamm eingeschobenes Polster (Bindenrolle, Holzstab, runder Stein) einen besonderen Druck darauf ausüben und die Blutzufuhr hemmen sollen, ist für die erste Hilfe wenig Geübten nicht zu empfehlen. Liegen

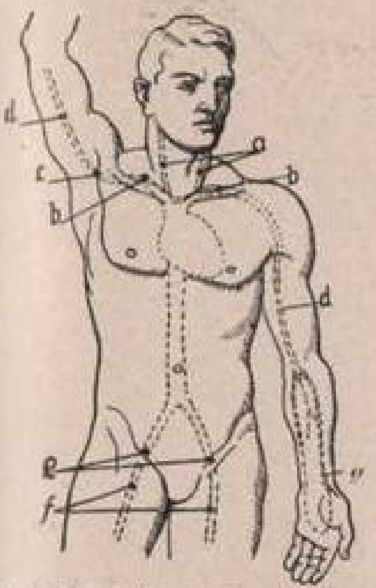


Abb. 32. Schlagaderdruckstellen zur Blutstillung
a Halsschlagader, b Schlüsselbeinschlagader, c Achselschlagader, d Oberarmschlagader, e Leistenschlagader, f Oberschenkelschlagader, g Speichenschlagader (Pulsfühlstelle)

Abb. 33. Abdrücken der Oberarmschlagader
a Obergriff über Beuger, b Untergriff über Strecker

Abb. 34.
Abdrücken der Halsschlagader

Abb. 35.
Abdrücken der Oberschenkelschlagader

Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen. Verlag Theod. Thomas, Leipzig

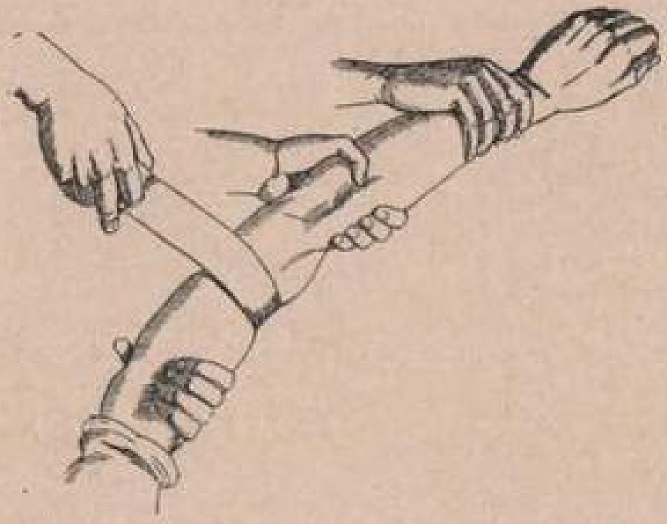


Abb. 36. Blutstillung durch Hochheben des Armes und Anlegen einer elastischen Binde am Oberarm

v. Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen. Verlag F. C. W. Vogel, Berlin 1931

Abb. 37. Blutstillung durch Hochheben des Beines mit Anlegen eines Gummischlauches am Oberschenkel

v. Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen. Verlag F. C. W. Vogel, Berlin 1931

die Keile nicht genau an der richtigen Stelle, so versagen sie. Am sichersten ist die Anlegung einer den ganzen Gliedumfang in gleicher Weise umschnürenden Abbindung.

Verletzte mit Abschnürungen sind so rasch wie möglich dem Arzt (Rettungsstelle) zuzuführen, welcher die Abschnürung durch Unterbindung der blutenden Gefäße ersetzt.

Durch unsachgemäßes Anlegen oder zu langes Liegenlassen der Abschnürbinde können schwere Schädigungen verursacht werden. Anwendung der Abschnürung, muß daher auf wirklich lebensbedrohliche Blutungen beschränkt bleiben!

β) Zerschmetterung von Gliedern. Zerschmetterung eines Gliedes oder Abreißen von Gliedteilen erfordert immer das vorsorgliche Anlegen einer elastischen Binde. Infolge Quetschung des Gewebes und Wundschocks fehlt trotz der schweren Verletzung häufig jede Blutung; sie kann aber plötzlich, z. B. infolge Erschütterung beim Tragen, in heftigster Weise wieder eintreten. Nur raschestes Anziehen der vorher schon angelegten Binde vermag dann den Verunglückten vom Verblutungstod zu retten.

γ) Schlagaderblutung an Kopf und Hals. Bei lebensbedrohlichen Blutungen an Hals und Kopf kann Blutstillung durch Aufdrücken eines sauberen Verbandstückes oder des bloßen Fingers im Wundgebiet selbst notwendig werden. Die Rücksicht auf die Keimfernhaltung muß gegenüber der Sorge um das mit dem Blutstrom entschwindende Leben zurückgestellt werden.

Sitzt die Verletzung am Schädel, so ist schon wegen der Gefahr einer Gehirnschädigung durch eingedrückte Knochensplitter Abdrücken der zuführenden Halsschlagader vorzuziehen. Die Unmöglichkeit der Anlegung eines Druckverbandes am Halse macht dauernden Fingerdruck nötig. Zur Vermeidung zu rascher Ermüdung wird der Druck von den beiden übereinander liegenbleibenden Daumen abwechselnd übernommen.

δ) Blutungen in Körperhöhlen. Blutungen in der Bauchhöhle kann der Laie nur selten stillen. Das Anpressen der großen Bauchschlagader gegen die Wirbelsäule mit der Faust wie mittels der Momburgschen Umschnürung ist schwierig und nicht ungefährlich. Bei Blutungen in die Brust- und Schädelhöhle kann der Nothelfer außer entsprechender Lagerung nur rascheste Herbeiführung ärztlicher Hilfe versuchen.

c) Durststillung bei Mund-, Hals- und Bauchverletzungen

In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß Verunglückten mit Verletzung des Mundes, des Halses und des Bauches niemals etwas zu trinken gereicht werden darf, weil immer die Möglichkeit einer Verletzung der Verdauungswege besteht und damit die Gefahr schwerster Infektion durch Ausschwemmung ihres Inhaltes in die Umgebung, besonders in die Bauchhöhle. Das Durstgefühl dieser Verletzten wird am besten gelindert, wenn man mit Essigwasser getränkte Läppchen oder kleine Eisstückchen enthaltende Mullsäckchen in den Mund nehmen läßt.

d) Vorfall von Eingeweiden oder Gehirnmasse aus der Wunde

Das Zurückbringen aus einer Schädelwunde vorgefallener Gehirnmasse oder aus einer Bauchwunde herausquellender Eingeweide muß

dem Arzt im Operationssaal überlassen bleiben. Die erste Hilfe beschränkt sich auf Schutzverband mit locker aufgelegtem sterilen Verband, bequeme Lagerung des Verunglückten und Sorge für ebenso schonende wie rasche Überführung in eine Krankenanstalt.

c) Knochenbrüche

α) **Arm- und Beinbrüche, Verrenkungen, Verstauchungen.** Die erste Hilfe bei Knochenbrüchen ist schwierig. Der Nothelfer halte sich nie mit doch nicht gelingenden kunstvollen Schienenverbänden auf. Eine gewisse erste Stützung erfordert aber schon der einfachste Transport.

Versuche, bei mangelnder Gebrauchsfähigkeit eines Gliedes festzustellen, ob ein Bruch, eine Verrenkung oder eine Verstauchung vorliegt, erfordern nicht nur unnötig Zeit, sondern führen bei unsachgemäßer Ausführung leicht zur Verschlimmerung des Schadens. Diese Untersuchung darf der erste Helfer niemals vornehmen, sie gehört in die Hand eines erfahrenen Arztes.

Der erste Helfer handelt richtig, wenn er in diesen Fällen immer mit seinen Maßnahmen von der Annahme eines Bruches ausgeht und einen entsprechenden Stützverband anlegt. Entkleidung ist zu diesem Zweck in der Regel nicht nötig. Je einfacher die Stützung erreicht wird, desto rascher wird der Abtransport vonstatten gehen können.

Nicht selten versucht der Verletzte selbst sein Bein durch Unterschieben des gesunden Beines, den verletzten Arm mit dem anderen Arm zu stützen. Für die Zurücklegung kurzer Strecken und bei bald zu erwartender ärztlicher Hilfe mag diese Ruhigstellung wohl genügen.

Dreieckstücher und ähnlich zusammengelegte Tücher sind für einen einfachen Stützverband gut geeignet (Abb. 38, 39)!

Die natürliche Schiene für den verletzten Arm ist der Brustkorb, für das verletzte Bein das andere Bein. Sie sind für den ersten Notverband jeder Stützung durch künstliche Schienen (Stock, Latten usw.) vorzuziehen. Parallele Lagerung der Beine nebeneinander scheint ratsamer als die von Hans[1]) für Unterschenkelbrüche empfohlene Überschrägung. Selbstverständlich müssen die Lücken mit Kleidungsstücken oder anderem Polstermaterial ausgefüllt werden.

Die einzelnen Handgriffe zur ersten Versorgung von Knochenbrüchen müssen immer wieder sorgfältigst geübt werden. Zur Vermeidung einer Stellungsänderung der Bruchenden ist gleichmäßige und behutsame Ausführung der Handgriffe ohne Zug und ohne Stauchung notwendig.

[1]) Hans, Gegen Fehldogmen in der Samariterlehre. Med. Welt S. 806 (1933); Derselbe, Der erste Krankentransport im Luft- und Gasschutz. Med. Welt S. 1583 (1933).

Der Armverletzte kann nach Anlegung des Stützverbandes meist allein die Rettungsstelle aufsuchen. Der Beinverlezte muß immer getragen werden; Stützung des gebrochenen Gliedes muß beim Abtransport beachtet werden. Werden künstliche Schienen verwendet, so können sie ihren Zweck nur erfüllen, wenn sie genügend lang sind, um die benachbarten Gelenke ruhigzustellen. Ihre sachgemäße Anlegung ist selbst für den Geübten nicht immer leicht. Verletzungen der Gelenke erfordern gleichfalls Ruhigstellung und Stützung der betroffenen Gliedmaßen.

β) **Schädelbruch, Rippenbruch, Beckenbruch, Wirbelsäulenverletzung.** Schädelbrüche, Beckenbrüche und insbesondere

Abb. 38. Dreieckstuch als Armtragetuch. Brustkorb als Stütze

Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen. Verlag Theod. Thomas, Leipzig.

Abb. 39. Verwendung des gesunden Beines als Schiene. Befestigung mit Dreieckstüchern

v. Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen. Verlag F. C. W. Vogel, Berlin 1931

Wirbelsäulenbrüche erfordern völlige Ruhelage, auch bei Rippenbrüchen ist möglichste Ruhigstellung anzustreben. Vor allem bei Verletzungen des Rückgrates (Bruch, Verrenkung) ist vorsichtigste allseitige Unterpolsterung und behutsamstes Unterschieben eines flachen Brettes (Tischplatte, Tür usw.) nötig, um Bewegungen und damit Lageveränderungen der Bruchstücke zu vermeiden; kleinste Verschiebungen der Wirbelkörper können zu nicht wieder gut zu machender Schädigung des Rückenmarks führen. Die Verunglückten bleiben deshalb auch zum Transport mit der Trage auf dem Brett liegen!

f) Verbrennungen und Verbrühungen

Bei Verbrennungen und Verbrühungen ist erstes Erfordernis die Verhinderung weiterer Hitzeeinwirkung. Verunglückte mit brennenden Kleidern werden in Decken gehüllt und die Flammen sofort durch Wälzen am Boden erstickt. Zur Vermeidung weiteren Einbrennens der heißen verkohlten Kleider wird dann reichlich Wasser übergegossen. Bei Verbrühungen wird man zunächst den Verunglückten mit seinen Kleidern durch Übergießen mit kaltem Wasser abkühlen.

Die Kleider entfernen wir sodann mit größter Vorsicht, mit der Haut verklebte Stellen werden mit scharfem Messer umschnitten, keinesfalls abgezogen!

Für den Verband ist wesentlich die Hintanhaltung der Austrocknung des Gewebes. Sehr gut lindern die Brandbinden (Bardella, Wismutbrandbinde, Vasenolbrandbinde oder Brandöl [aus Leinöl und Kalkwasser zu gleichen Teilen]). Im Notfalle greife man getrost zu den Hausmitteln: Salatöl, Fett, Schmalz usw.; bei der ärztlichen Hilfeleistung können sie dann durch Besseres ersetzt werden (Esmarch)[1]. Durch Anbringen von möglichst reichlicher Watte über den Brandbinden wird der Schutz der Haut gegen die Lufteinwirkung verstärkt. Bei sehr ausgedehnten Brandwunden ist Wismutanwendung gegenangezeigt. Sie erfordern Umschläge mit 5%iger frischer Tanninlösung oder zunächst trockenen sterilen Verband.

Die Öffnung von Brandblasen überlasse man wegen der Infektionsgefahr dem Arzt! Gegen das große Durstgefühl bei ausgedehnten Verbrennungen reicht man viel Wasser, am besten warmen Kaffee oder Tee.

Nach sehr ausgedehnten Verbrennungen oder Verbrühungen sind die Verunglückten oft sehr ruhig, fast schmerzfrei. Leider ist dieses Verhalten fast immer ein ungünstiges Zeichen herannahenden Todes.

Manchmal gelingt es noch, solche Schwerverletzten durch warme Dauerbäder oder durch Infusion physiologischer Kochsalzlösung zu retten. Daraus erhellt, daß sie so rasch wie möglich unter genügendem Wärmeschutz zum Arzt gebracht werden müssen.

g) Verätzungen

α) Hautverätzung allgemeiner Art. Bei Hautverätzungen durch Säuren spült man kräftig mit alkalischen Mitteln, z. B. Kalkwasser, Sodalösung, sehr verdünntem Seifenwasser. Geschah die Verätzung durch Lauge oder Kalk, benutzt man dünne Säuren, z. B. Zitronen- oder Essigwasser. Schnelle Klärung und genaue Feststellung, ob es sich um eine Säure oder Lauge handelt, ist für den Laien oft nicht möglich. Spülung mit viel reinem Leitungswasser ist aber in der Regel bei Säuren wie Alkalien verwendbar.

[1]) Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen S. 85.

Zwei mit einem Luftangriff in engerem Zusammenhang stehende Möglichkeiten von Verbrennung und Verätzung möchte ich hier noch besonders erwähnen.

β) Phosphorverbrennungen bzw. Verätzungen. Bei der Verwendung von Phosphorbrandbomben genügt Erstickung der Flammen von Phosphorteilchen in Brand gesetzter Kleidungsstücke nicht, vielmehr sind die Kleidungsstücke umgehend abzulegen. Von der Haut werden Phosphorteilchen unter Anwendung von sehr viel Wasser (Bad!) entfernt. Zur Vermeidung der Ätzwirkung durch die Kleidung gedrungener Phosphorsäure muß vor Anlegung eines Salbenverbandes die entsprechende Hautstelle sofort mit Bikarbonatlösung (5%, ungefähr entsprechend 1 Teelöffel auf ein Glas Wasser) oder 3% Sodalösung kräftig abgespült werden. Keine straffen Verbände anlegen!

Entfernung in das Auge geratener Phosphorteilchen erfordert immer ärztliche Hilfe. Bis zu ihrer Durchführung ist Spülung mit reichlich Wasser, Borwasser oder Natriumbikarbonatlösung nötig.

γ) Nebelsäureverätzung. Der künstliche, meist zur Tarnung verwendte Nebel ist als Wolke unschädlich, sofern ihm nicht giftige Bestandteile hinzugefügt sind. Zwar wirkt der Nebelreiz auf den Einzelnen verschieden stark. Der in stärkerer Konzentration (in unmittelbarer Nähe der Nebelquelle) unangenehm chloroformähnlich riechende Nebel aus Nebelkerzen ruft manchmal Fremdkörpergefühl im Auge hervor. Säurenebel löst bei stärkerer Dichte Hustenreiz aus. Die durch den Nebel hervorgerufenen Beschwerden verschwinden aber rasch in frischer Luft. Das Fremdkörpergefühl im Auge verliert sich in kurzem, wenn wir nicht reiben, sondern nur zeitweilig die Augen schließen. Gegen die Reizung der Luftwege schützt ein vor Mund und Nase gehaltenes nasses Tuch. In der Nähe von Nebelkerzen können verspritzende brennende Teilchen Brandwunden erzeugen, welche mit Borsalbe bedeckt und verbunden werden.

Nebelsäure in flüssigem Zustande aber führt infolge Säurewirkung von Chlorsulfonsäure und Schwefeltrioxyd außer zur Zerstörung von Kleiderstoffen zu schwerer Reizung der Schleimhaut (Atemwege) sowie der äußeren Haut vom lebhaften Brennen bis zur Verätzung mit langsam heilender Wunde. Solche Verätzungen können entstehen durch Säuretropfen aus undichten Behältern oder durch Säurespritzer in der Nähe der Nebelquelle. Deshalb trete man ohne Säureschutzausrüstung an die nebelnden Geräte nie näher als auf 5 m heran, von vorn höchstens auf 10 m!

Hautspritzer tupft man trocken ab — Schwefelsäure entwickelt mit Wasser starke Hitze — mit Lappen, Sand, Erde, Torfmull, am besten mit Kieselgur. Niemals mit der bloßen Hand abwischen, sie würde dabei selbst verätzt werden! Dann spült man mit viel Wasser nach und legt einen Salbenverband, am besten mit der alkalischen Augensalbe

an. Der Arzt wird auf der Rettungsstelle nötigenfalls noch zu Waschungen mit 10%iger Sodalösung greifen.

Gegen die Schleimhautreizung im Rachen läßt man mit 2½% Natr.-bicarb.-Lösung gurgeln und inhalieren.

Kleine in das Auge geratene Nebelsäurespritzer spült man, wie im folgenden beschrieben, sofort durch Übergießen von viel Wasser aus dem Bindehautsack heraus und streicht anschließend alkalische Augensalbe ein. Der Verletzte muß ebenso wie bei ausgedehnten Hautverätzungen baldigst ärztlicher Hilfe zugeführt werden.

Erwähnt sei, daß die zinkhaltigen Dämpfe der Nebelkerzen unter Umständen Fieberanfälle hervorrufen können. Sie klingen wie das Gießfieber nach kurzer Zeit unter Schweißausbruch ab.

δ) Augenschädigung durch ätzende Flüssigkeiten. Geraten Säurespritzer in die Augen, so entfernt man sie am besten durch reichlich Wasser; man läßt es zu diesem Zweck in dünnem Strahl aus 10 bis 20 cm Höhe in den inneren Augenwinkel rinnen, so daß es zwischen den gespreizten Lidern den Bindehautsack gut durchspült und am äußeren Augenwinkel wieder abfließt. Bei Mangel an Wasser benutze man Milch oder streiche wenigstens alkalische Augensalbe ein.

h) Fremdkörperentfernung aus dem Auge

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß sich der erste Helfer nie mit müßigen, ja schädlichen Versuchen aufhalten darf, Fremdkörper zu entfernen, welche nicht ganz oberflächlich locker im Bindehautsack sitzen. Sind wir nicht in der Lage, den Fremdkörper alsbald auf die übliche Art herauszuwischen, so tun wir immer am besten, den Betreffenden sofort ärztlicher Behandlung zuzuführen. Durch einen lockeren Verband schützen wir das verletzte Auge gegen Luft-, Staub- und Lichtreiz (Abb. 40). Soll das Auge ruhiggestellt werden, ist lockerer Verband beider Augen notwendig, weil sonst das verbundene kranke Auge die Blickbewegungen des freien gesunden Auges mitmacht. Erst bei völligem Lichtabschluß ruhen beide Augen. Selbstverständlich muß der Verunglückte in diesem Falle getragen, gefahren oder wenigstens geführt werden.

i) Schädigung durch elektrischen Strom

Verletzungen durch elektrischen Strom können durch stromführende, während eines Luftangriffs beschädigte Leitungen verursacht werden. Für die erste Hilfe müssen wir uns vor Augen halten, daß wir bei Starkstrom über 500 Volt Spannung erst nach Ausschaltung der Leitung an den Verunglückten herangehen können. Leider werden unsere Bemühungen dann meist wenig Erfolg mehr haben. Der Wechselstrom ist viermal so gefährlich wie der Gleichstrom; Nieder- und Mittel-

spannungen (d. h. Spannungen bis 500—600 Volt) sind wegen ihrer Wirkung auf das Herz besonders gefährlich (Waldmann)[1]. Es bleibt zu beachten, daß die Widerstandsfähigkeit des einzelnen Menschen gegen elektrische Ströme auch niederer Spannung sehr verschieden und schwankend ist.

Die erste Maßnahme muß auch bei Spannungen unter 500 Volt immer die Befreiung des Verunglückten aus dem Stromkreis bezwecken. Ist Ausschaltung des Stromes nicht rasch zu erreichen, so unterbricht man den Stromkreis durch vorsichtige Entfernung des Drahtes mit nicht leitendem Gegenstand (notfalls trockener Holzstab, trockenes Seil). Hält der Verunglückte die Leitung krampfhaft fest, versucht man sie durch Erdung, Heranziehen an leitende Gegenstände, z. B. eiserne Masten, Wasserleitung, vor ihm kurzzuschließen. Endlich kann man durch Hochheben des Verunglückten vom Erdboden den Stromkreis unterbrechen.

Abb. 40, Augenverband
Nach Lamberg-Fuchs

Voraussetzung bleibt immer die vorherige Isolierung des Helfers durch Unterlegen einer trockenen Gummi- oder Glasplatte, eines trockenen Brettes oder trockener Kleidungsstücke. Auch über die Hände stülpt man beim Fehlen von Gummihandschuhen trockene Kleidungsstücke. Der im Stromkreis befindliche Verunglückte wird nur an seiner Kleidung, nicht an unbekleideten Körperstellen, angefaßt.

Häufig ist Scheintod die Folge der Stromschädigung. Wiederbelebungsversuche durch künstliche Atmung müssen sofort eingeleitet und, wenn erforderlich, stundenlang fortgesetzt werden, die Versorgung etwaiger Brandwunden kommt erst in zweiter Linie.

k) Verschüttung

Bei Verschüttungen ist ebenfalls nicht selten die auch bei Ertrunkenen und Erhängten notwendige Wiederbelebung durch künstliche Atmung angezeigt.

Wir dürfen aber nicht vergessen, daß gerade Verschüttungen häufig mit Einklemmungen verbunden sind, die Brüche und schwerste innere und äußere Verletzungen bedingen. Die Ausführung der künstlichen Atmung wird dadurch sehr erschwert, ja in manchen Fällen (z. B. bei schweren Wunden) unmöglich oder gar fehlerhaft (z. B. Wundschock, Gehirnerschütterung, Schädelbruch). Wir sind dann auf Sauerstoffzufuhr ohne Druck angewiesen.

l) Rettung aus geschlossenen Räumen bei Ansammlung giftiger Gase

Finden wir den Verunglückten in einem zwar von der Außenluft durch Verschüttung abgesperrten, aber nicht eingestürzten Raum ohne

[1] Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen S. 63.

Verletzung bewußtlos am Boden liegend auf, so beginnen wir nach seiner Bergung raschestens mit der künstlichen Atmung.

Der Scheintod kann in diesem Falle entweder durch den Mangel an Sauerstoff in der Luft des hermetisch abgesperrten Raumes oder durch einen Kohlenoxydeinbruch (beschädigtes Gasrohr, beschädigte Heizung, Detonationsgas tief in die Erde eingedrungener Sprengbomben) hervorgerufen sein.

Nebenbei sei hier erwähnt, daß Blausäurevergiftung ähnliche Erscheinungen hervorruft und auch dieselbe erste Hilfeleistung wie Kohlenoyxdvergiftung erfordert.

Der Helfer muß deshalb nicht nur darauf achten, daß nicht weitere nachstürzende Massen ihn und den Verunglückten gefährden, sondern muß sich vor allem auch vor der Einwirkung der Giftgase schützen. Wie im Abschnitt V dargelegt wurde, bietet unser Filtergerät keinen Schutz gegen Kohlenoxyd, ferner bei Giftgaskonzentrationen über 2—3 Vol.-% und bei Sauerstoffmangel. Letzterer ist zu befürchten bei weniger als 15 Vol.-% Sauerstoffgehalt der Raumluft.

Beim Eindringen in derartig gasverdächtige Räume bedient man sich solcher Geräte, die von der Raumluft unabhängig machen, also entweder des Frischluftschlauchgerätes oder des Sauerstoffschutzgerätes. Anseilen ist stets angezeigt.

Genügend rasches Öffnen der Fenster und Türen von außen her zur Herstellung eines kräftigen Durchzuges, der durch Einströmen reiner, atembarer Luft und Abfließen der verdünnten, nicht atembaren Gase schnell eine unbedenklich zu betretende Atmosphäre schaffen könnte, wird in den seltensten Fällen möglich sein.

Einen gasverdächtigen Raum ohne den angeführten Selbstschutz zu betreten, bedeutet immer ein Wagnis, bei dem der Retter sein eigenes Leben aufs Spiel setzt, ohne dem Verunglückten helfen zu können. Auch dann bleibt es noch ein höchst gefährliches Unternehmen, wenn ein zweiter Helfer den ersten Helfer angeseilt hält und außerhalb in frischer Luft bleibt, so daß er ihn im Notfall augenblicklich retten kann.

Wegen des zu vermutenden Vorhandenseins leicht entflammbarer Gase betrete man diese Räume nur mit bereits brennender elektrischer Lampe. Die offene Flamme eines Zündholzes oder einer Kerze, ja schon der Schließungs- bzw. Öffnungsfunke beim Einschalten der Taschenlampe oder der Lichtleitung kann zur Explosion führen.

Die wichtigste Maßnahme bei Rettung aus Gasgefahr ist die Entfernung aus der vergifteten Raumluft. Diese Forderung wird durch Lagerung des Verunglückten im Freien am besten erfüllt.

Bei einem Luftangriff stehen dem häufig nicht nur Witterungsverhältnisse, sondern auch die Möglichkeit weiterer Gefährdung durch die Angriffsmittel, z. B. durch über die Gegend hinziehende Kampfstoffschwaden, entgegen. Sie erfordern dann rascheste Verbringung des Verunglückten in den nächsten Schutzraum.

Ist der Verunglückte scheintot, so müssen sich sofort Wiederbelebungsversuche anschließen mit künstlicher Beatmung. Lagerung auf dem Tisch ist zu diesem Zweck ratsamer als auf dem Boden.

4. Erste Hilfe bei Scheintod. Wiederbelebungsmaßnahmen

Die Wichtigkeit einerseits, die Schwierigkeit richtiger Ausführung andererseits hat eine große Reihe von Autoren veranlaßt, sich mit der Wiederbelebung eingehend zu beschäftigen[1]). Hier sei nur in Kürze auf folgende Punkte hingewiesen:

a) Wiederbelebung durch künstliche Atmung

α) Allgemeines. Die Wiederbelebung durch künstliche Beatmung sowohl von Hand als auch mit maschinellen Vorrichtungen kann nur Erfolg haben, wenn seit dem Stillstand der Atem- und Herztätigkeit bis zum Beginn der Behandlung erst wenige Augenblicke (höchstens 6—10 Minuten) verflossen sind. Indirekte Herzmassage muß die Durchlüftung der Lungen immer ergänzen. Sehr gut unterstützen Einspritzungen von Lobelin, 0,01 g unter die Haut, solange noch die Herztätigkeit besteht. Hautreize und Riechreize wirken erst, wenn Atmung und Bewußtsein zurückkehren. Denn im schwer asphyktischen Zustand, also im Zustand der durch Atemlosigkeit und Pulslosigkeit gekennzeichneten Erstickung, reagiert der Organismus auf peripherische (äußerliche) Reizmittel ebensowenig wie in tiefer Narkose (Flury-Zernik)[2]).

Die Wiederbelebungsversuche sollen möglichst im Freien ausgeführt werden. Um so wichtiger wird dann Schutz der Verunglückten vor Abkühlung (Einhüllen in Decken).

Unter den Verhältnissen des Luftangriffs wird die Wiederbelebung meist im nächst erreichbaren Schutzraum sofort in Angriff genommen werden müssen.

Kehrt die natürliche Atmung zurück, stellt man die künstliche Atmung ein. Wohl aber kann man auch dann noch mit der Sauerstoffdarreichung ohne Druck fortfahren.

Die künstliche Atmung und die Sauerstoffeinblasung unter Druck dürfen niemals angewandt werden in allen jenen Fällen von Atemstörungen, welche mit einer Schädigung der Luftwege, insbesondere der Lungen, verbunden sind. Eine derartige Wirkung zeigen die bei Bränden und Pulverdetonationen entstehenden, braungelbe

[1]) Rumpf, Gasschutz S. 72; Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 566ff. bis 579 (1931); Dräger-Vorträge, Atemschutz, Wiederbelebung S. 148; Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen S. 99; Bruns-Thiel, Die Wiederbelebung (1930).

[2]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 579 (1931).

Dämpfe entwickelnden nitrosen Gase und die Kampfstoffe. Sauerstoffbeatmung ohne Druck ist aber auch hier immer angezeigt. Denn sie bietet dem Körper durch Erhöhung des Sauerstoffgehalts der eingeatmeten Luft dieses lebenswichtige Gas in vermehrtem Maße an, ohne an die Lungen jene hohen Ansprüche mechanischer Arbeit zu stellen wie die beiden obengenannten Verfahren.

Erstes Erfordernis für eine erfolgreiche künstliche Beatmung ist die Durchgängigkeit der Luftwege. Der Grundgedanke aller künstlichen Beatmung ist, durch die natürlichen Atemwege einmal das eingedrungene Gift wieder zu entfernen, dann vor allem aber dem Körper den zum Leben unentbehrlichen Sauerstoff zuzuführen.

Nach der Entfernung etwa die Atemwege versperrender Fremdkörper ist vor allem auch der beim Bewußtlosen nach hinten gesunkene Zungengrund nach vorn zu holen (Abb. 41). Am einfachsten erreichen wir genügende Freilegung des Rachens und Kehlkopfeingangs durch starkes Seitwärtsdrehen des Kopfes, wobei die Zunge nach der tieferliegenden Kopfseite fällt und einen hinreichenden Spalt für die durchstreichende Luft freigibt.

Abb. 41. Vorholen des Zungengrundes durch Verschieben des Unterkiefers

Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen. Verlag Theod. Thomas, Leipzig

Alle beengenden Kleidungsstücke sind zu lösen. Damit ist aber keinesfalls gesagt, daß sie ausgezogen werden müßten. Abkühlung muß vermieden werden. Lockeres Einhüllen in Decken schützt vor Wärmeverlust.

β) Künstliche Atmung von Hand. Jede künstliche Atmung ist entsprechend dem natürlichen Ablauf der menschlichen Atmung im dreizeitigen Rhythmus auszuführen. Beginn mit Ausatmung „einsundzwanzig, zweiundzwanzig", Einatmung „dreiundzwanzig". Die in Deutschland meist gebrauchte Ausführung der künstlichen Atmung dürfte wohl die auf der ursprünglich von Silvester empfohlenen einfachen Armmethode aufbauende Arm-Rippenmethode nach Silvester-Brosch, kurz Armmethode genannt, sein. Sie ergibt nach den Untersuchungen von Bruns bessere Beeinflussung gleichermaßen von Lunge und Herz als die Rippenmethoden von Howard und Schaefer. Bei Ausführung der Armmethode am Boden ist das Unterschieben einer Rolle unter die Schultergegend unerläßlich.

Die Arme müssen bei der Einatmung weit über den Kopf hinweg bis zum Boden geführt, bei der Ausatmung muß ein kräftig saugender

Druck gegen den Brustkorb in Höhe des Rippenbogens ausgeführt werden. Dadurch wird nicht nur vermehrtes Auspressen der Lungen, sondern auch eine gewisse Herzmassage erreicht (Abb. 42, 43).

Die bei einem künstlichen Atemzuge ventilierte Luftmenge bleibt nach den Untersuchungen von Bruns[1]) auch im günstigsten Falle

Abb. 42. Künstliche Atmung. Armmethode. Ausatmung

Abb. 43. Künstliche Atmung. Armmethode. Einatmung

Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen. Verlag Theod. Thomas, Leipzig

wesentlich hinter der bei einem natürlichen Atemzuge eines gesunden ruhenden Menschen gewechselten Luftmenge, nämlich rund 500 ccm, zurück. Die indirekte Massage des Herzens ist von großer Bedeutung für das Gelingen der Wiederbelebung. Die Luft muß bei richtig durchgeführter künstlicher Atmung hörbar aus- und einströmen!

[1]) Bruns-Thiel, Die Wiederbelebung S. 17.

Die Bewegungen sollen in der Minute 12 bis höchstens 16mal wiederholt werden. Hastigere Bewegungen sind falsch; sie bergen die Gefahr in sich, daß die Einatemluft nicht über den natürlichen Totraum (Mund, Nase, Rachen, Luftröhre) hinauskommt. Der lebenswichtige Gasaustausch in den Lungenbläschen kann bei einer derart oberflächlichen Atmung unmöglich richtig in Gang gebracht werden. Sorgfältig ist darauf zu achten, daß man nicht etwa der einsetzenden natürlichen Atmung entgegenwirkt.

Die künstliche Atmung erfordert gespannteste Aufmerksamkeit; sie strengt den Helfer auch körperlich sehr an, so daß der Ungeübte sie kaum länger als 10—15 Minuten exakt durchführen kann. Etwas erleichtert wird die körperliche Arbeit durch die von Rumpf[1]) angeführte Lagerung des Verunglückten auf einen Tisch. Sind mehrere Helfer vorhanden, bleibt rechtzeitiges gegenseitiges Ablösen immer das Zweckmäßigste.

Die künstliche Atmung muß sofort begonnen und ohne Unterbrechung durchgeführt werden bis entweder die sicheren Todeszeichen: Leichenstarre, Leichenflecke und Leichenkälte aufgetreten sind oder das Leben wieder zurückkehrt, unter Umständen viele Stunden lang. Keine Zeit vergeuden mit weitem Transport oder mit umständlichen Vorbereitungen oder gar mit dem Abwarten bis zum Eintreffen der herbeigeholten Apparate!

Bei Rippenverletzung muß auf die Herzmassage durch den Druck auf den Brustkorb verzichtet werden. Bei Armverletzungen oder bei gleichzeitiger Anwendung eines Sauerstoffgerätes ist die Armmethode nicht durchführbar.

Die Rippenmethode nach Howard — schlechthin Rippenmethode genannt — erscheint wegen der besseren Beobachtungsmöglichkeit wie der vermehrten Atemgröße und leichter durchführbaren Herzmassage vorteilhafter als die Rippenmethode nach Schäfer. Dieser Vorsprung wird auch durch die von Hans[2]) wohl analog der Schüllerschen Methode (Esmarch)[3]) angegebenen, das Schäfersche Verfahren ergänzenden Handgriffe nicht aufgewogen. Die künstliche Beatmung nach Howard kann im Gegensatz zu den anderen Verfahren immer von einem Helfer allein ausgeführt werden (Abb. 44, 45).

Vor allem in den englischsprechenden Ländern wird das nach Henderson und Haggard (zit. bei Flury-Zernik)[4]) als beste Methode empfohlene Verfahren nach Schäfer vorgezogen.

[1]) Rumpf, Gasschutz S. 92.
[2]) Hans, Gegen Fehldogmen in der Samariterlehre. Med. Welt S. 806 (1933).
[3]) Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen S. 107.
[4]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 568 (1931).

Gerade im Hinblick auf die immer wieder zu betonende Schwierigkeit jeder künstlichen Atmung erscheint aber Beschränkung auf zwei Methoden, in denen dann aber gründliche und umfassende theoretische und vor allem praktische Ausbildung erfolgen muß, das einzig Richtige. Bei uns in den mitteleuropäischen Ländern sind diese zwei Verfahren

Abb. 44. Künstliche Atmung. Rippenmethode. Ausatmung

Abb. 45. Künstliche Atmung. Rippenmethode. Einatmung
Waldmann, Erste Hilfeleistung bei Unglücksfällen. Verlag Theod. Thomas, Leipzig

die oben beschriebene verbesserte Silvestersche Armmethode und die Howardsche Rippenmethode.

Zur Ausübung der Rippenmethode schieben wir die Rolle mehr in die Lendengegend des Verunglückten. Die größte Hebelwirkung setzt am unteren Brustkorb ein. Der einzelne Helfer ermüdet nicht so rasch wie bei der Armmethode, aber die in die Lungen einströmende Luftmenge beträgt bei der Rippenmethode nach den Untersuchungen von Bruns[1]) nur einen Bruchteil der bei der Armmethode gefundenen Luft-

[1]) Bruns-Thiel, Die Wiederbelebung S. 39.

menge. Für die Rippenmethode bei gleichzeitiger Sauerstoffzufuhr unter Druck ergaben diese Versuche sehr günstige Werte (Blasebalgversuch).

γ) Künstliche Atmung mit Gerät. Zur Erleichterung für den Helfer hat man verschiedene Geräte erdacht, z. B. den bei uns vielfach in Rettungsstellen von Feuerwehren und Sanitätskolonnen gebrauchten Inhabadapparat des schwedischen Marinestabsarztes Dr. Fries. Durch das Bügelgestänge dieses leicht transportierbaren Gerätes werden die angeschnallten Arme in der geeigneten Art bewegt, durch den breiten Bauchgurt wird, verbunden mit der Ausatembewegung, kräftiger Druck gegen den unteren Brustkorb erreicht (Abb. 46). Zur ersten Hilfeleistung wird das Gerät aber kaum zur Hand sein. Auch ist sein Wert — wie der aller Apparate — in der Hand Ungeübter zweifelhaft. Zur

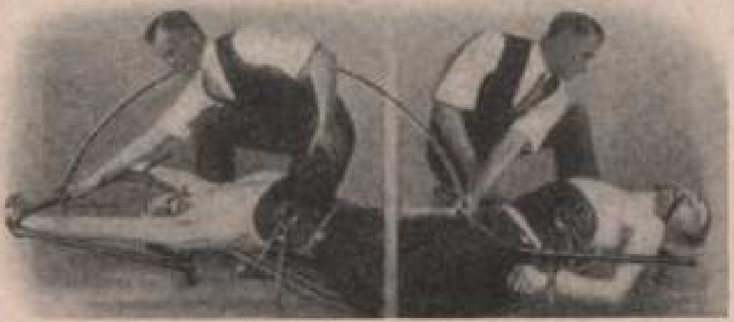


Abb. 46. Anwendung des Inhabad-Apparates zur künstlichen Atmung
v. Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen. Verlag F. C. W. Vogel. Berlin 1931, S. 110, Abb. 150

Fortsetzung der eingeleiteten künstlichen Atmung verwendet es der Geübte mit Vorteil. Für die erste Hilfe ist und bleibt, wie auch Rumpf[1]) betont, das beste Wiederbelebungsgerät die menschliche Hand.

b) Sauerstoffbehandlungsgeräte

Zur Unterstützung der künstlichen Atmung greift man gern zur Zufuhr von Sauerstoff mit Sauerstoffbehandlungsgeräten. Sie sind eingerichtet entweder für reine Sauerstoffbeatmung oder für Sauerstoffzufuhr unter Kohlensäurezusatz. Wenn die Atemtätigkeit (natürlich oder künstlich) in Gang gehalten wird, leisten sie Ausgezeichnetes bei der Behebung schwerster Atemnot infolge Sauerstoffmangels. Wiederbelebung bei Atemstillstand hingegen ist von der alleinigen Anwendung derartiger Sauerstoffbehandlungsgeräte nicht zu erwarten.

Beim Pulmotor dienen Sauerstoffeinblasung unter Druck und ma-

[1]) Rumpf, Gasschutz S. 86.

schinelle Wirkung ausgiebiger abwechselnder Füllung und Entleerung der Lungen. Die künstliche Beatmung von Hand läßt sich mit dem Pulmotor ersetzen, nicht aber die mit ihr verbundene Herzmassage; sie muß zur Wiederbelebung neben der Sauerstoffbeatmung vom Helfer ausgeführt werden.

α) Reine Sauerstoffzufuhr. Zur Sauerstoffbehandlung ohne Druck dienen Geräte, die entweder Sauerstoff dauernd in gleichmäßigem Strom fließen lassen oder lungenautomatisch gesteuert werden. Der Sauerstoff gelangt bei dem Dräger-Sauerstoffkoffer aus der Flasche, die 300 l Sauerstoff unter 150 Atmosphären Druck enthält, durch das Verschlußventil an dem seinen Inhalt anzeigenden Druckmesser vorbei zum Druckreduzierventil. Hier wird der Druck auf 3 Atmosphären zurückgeführt.

Mittels Einstellhahn regelt man den Sauerstoffdurchgang pro Minute. Im allgemeinen werden 6 l genügen, in schweren Fällen, besonders auch bei Kohlenoxydvergiftung muß man auf 9, ja 12 und 15 l Sauerstoff pro Minute gehen.

Über den durch ein Rückschlagventil gesicherten Sparbeutel, in welchem während der Ausatmung der Sauerstoff gespeichert wird, gelangt der Sauerstoff durch den Atemschlauch zu der mit einem Ausatemventil versehenen Maske aus Weichmetall oder Gummi. Bei richtiger Dosierung des Sauerstoffs darf der Beutel nicht zu stark aufgebläht sein, aber auch nicht völlig zusammenfallen, er muß sich mit den Atemzügen füllen und leeren.

Während der Sauerstoff schon mäßig strömt, wird die Maske behutsam leicht an Mund und Nase angelegt und durch Kopfbügel mit Band festgehalten. Zur Vermeidung von Sauerstoffverlust möglichst dicht anlegen! Die Sauerstoffkonzentration in der Maske soll nach Muntsch[1]) nicht unter 75% sinken.

Derartige Geräte können auch mit zwei oder vier Schläuchen und Masken versehen werden, so daß 2 oder 4 Personen gleichzeitig behandelt werden können. Es empfiehlt sich dann, größere Sauerstofflaschen zu nehmen, weil der Inhalt sonst zu rasch verbraucht wird. So würde ein Gerät mit einer Sauerstofflasche von 2 l Rauminhalt, die 300 l Sauerstoff bei 150 Atmosphären Druck aufnimmt, bei einer Sauerstoffdosierung von 5 l/min eine Betriebsdauer von 1 Stunde bei einer Person, $\frac{1}{2}$ Stunde bei zwei Personen und $\frac{1}{4}$ Stunde bei 4 Personen haben.

Das hauptsächlichste Anwendungsgebiet derartiger Sauerstoffinhalationsgeräte bilden die Fälle mit noch bestehender natürlicher Atmung, bei welchen aber schwerste Atemnot vermehrte Sauerstoffzufuhr erwünscht erscheinen läßt. Sie sind naturgemäß bei Atemstillstand niemals allein, sondern nur zur Ergänzung der künstlichen Atmung von Hand anzuwenden.

[1]) Muntsch, Kampfgaserkrankungen S. 39.

Unter dieser Voraussetzung werden sie dem Sanitätstrupp am Unfallsort bei der Wiederbelebung Scheintoter ebenso gute Dienste leisten wie dem Arzt und Helfer in der Rettungsstelle und in der Krankenanstalt bei der Behandlung Gaskranker (Abb. 47, 48, 49, 50).

Gegenüber diesen mit dauernd fließendem Sauerstoffstrom arbeitenden Geräten erzielen diejenigen Behandlungsgeräte sparsameren Sauerstoffverbrauch, bei welchen die Sauerstoffdosierung durch eine im Sparbeutel eingebaute Vorrichtung lungenautomatisch gesteuert wird. Der Mechanismus arbeitet nur bei vollkommen dichtem Abschluß an Mund und Nase (evtl. dickes Einfetten des Maskenwulstes mit Vaseline). Es wird dann bei jedem Atemzug die größtmögliche Menge reinen Sauerstoffs in die Lungen gesaugt, also jeder Druck vermieden. Das Degea-Audos-J-1-Gerät spricht schon auf 3—5 mm WS an[1]). Durch den selbsttätigen Abschluß des Geräts bei Beendigung des Atemzuges wird Sauerstoffverlust vermieden.

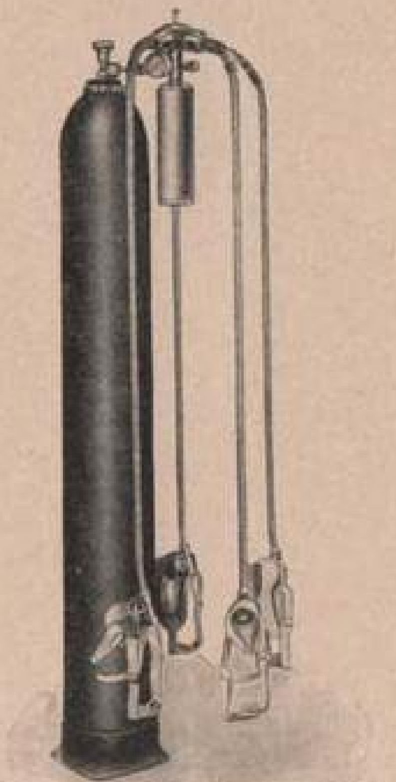


Abb. 47. Degea-Audos-Sauerstoffbehandlungsgerät mit 4 Gesichtsanschlüssen

Die Anwendung dieser Geräte verspricht nur dann Erfolg, wenn zwar der Verunglückte selbst noch genügend atmet, aber überdies reichliche Sauerstoffzufuhr angezeigt ist.

Anwendung lungenautomatischer Inhalationsgeräte zur Sauerstoffzufuhr an Kranke scheint jedoch nicht ungefährlich und daher höchstens in Krankenanstalten nach ärztlicher Anordnung und unter dauernder ärztlicher Überwachung zulässig.

β) Sauerstoffzufuhr mit Kohlensäurezusatz. Ausgehend von der großen Bedeutung, welche die Kohlensäure für den Atemstoffwechsel hat[2]), gibt man vor allem bei Kohlenoxydvergiftung, bei

[1]) Neuß, Sauerstoffbehandlung von Gaskranken im Luftschutz. Die Gasmaske 1934 S. 44.

[2]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 577.

Vergiftung mit narkotischen und ohne Lungenschädigung erstickend wirkenden Gasen überhaupt Kohlensäurezusatz zum Sauerstoff. Wir wissen, daß das Atemzentrum nicht vom Sauerstoffmangel, sondern von den sauren Valenzen des Blutes und des Gewebes zur Tätigkeit angeregt wird. Geringer Kohlensäureanstieg im Blut ruft vermehrte und vertiefte Atmung hervor. Man gibt nach den Vorschlägen von Hender-

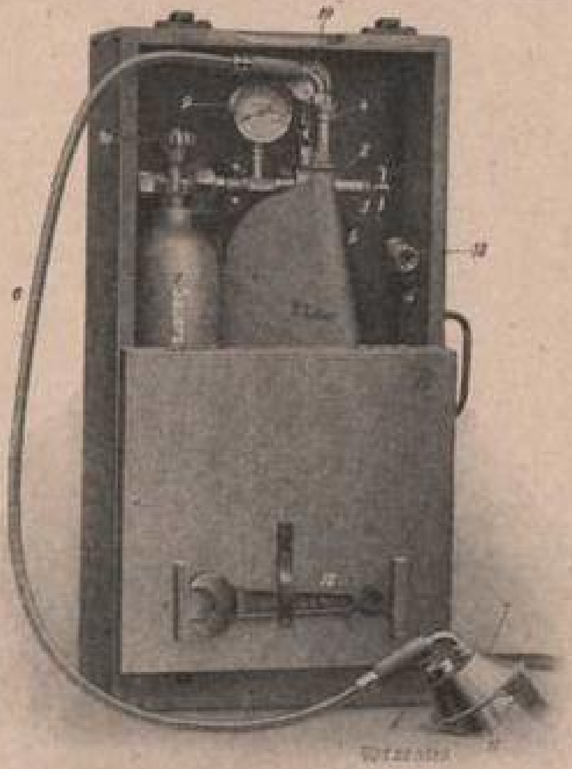


Abb. 48. Leicht bewegliches Dräger-Sauerstoffbehandlungsgerät für den Luftschutzsanitätsdienst

son und Haggard[1]) 5 %, besser noch 6—7 % Kohlendioxyd zum Sauerstoff hinzu. Als mächtiges Anregungsmittel der Atmung bekämpft sie nicht nur jede leichtere Herabsetzung der Atemtätigkeit, sondern auch den Atemstillstand in einer völlig den normalen Verhältnissen ent-

[1]) Siehe Gillert, Zur Kenntnis der Atemvorgänge. Gasschutz und Luftschutz 3, 224 (1933).

sprechenden Weise und fördert die Ausscheidung körperfremder flüchtiger Gifte (Flury-Zernik[1]).

Diese Kohlensäurebeatmung eignet sich aber, wie schon erwähnt, durchaus nicht für alle Fälle, in welchen wir von der Sauerstoffzufuhr mit großem Vorteil Gebrauch machen; die Grundlage ihrer erfolgreichen Anwendung, nämlich fehlender Atemreiz infolge Kohlensäuremangels im Blut, ist keineswegs bei jeder Erstickungsgefahr gegeben. So tritt z. B. infolge des durch den Kampfstoff Phosgen hervorgerufenen

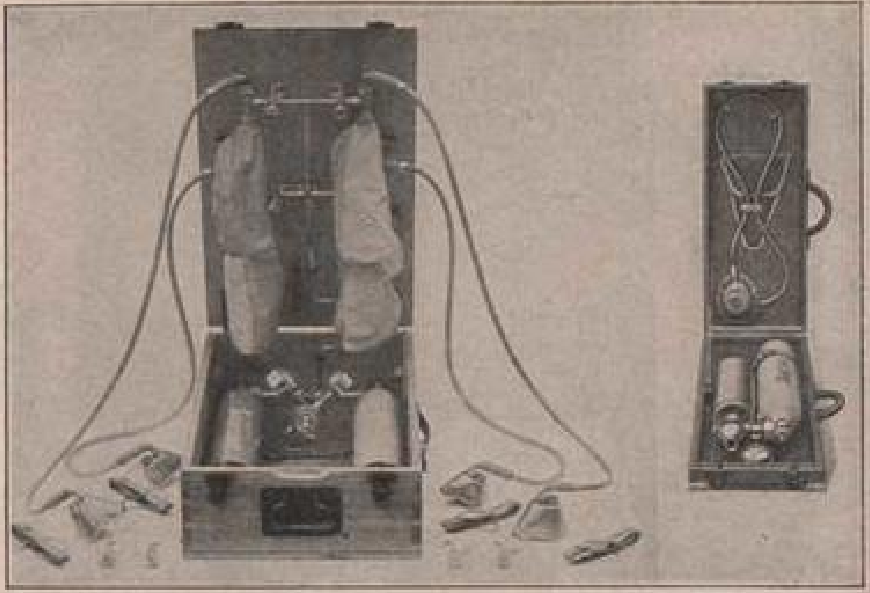


Abb. 49 Abb. 50

Abb. 49 und 50. Sauerstoffbehandlungsgerät. Abb. 49. Mit gleichmäßig fließender Sauerstoffabgabe für 4 Kranke. Abb. 50. Mit lungengesteuerter Sauerstoffabgabe für einen Kranken

Rumpf, Gasschutz. Tafel 9, Abb. 19, 20

Lungenödems neben dem schon bald einsetzenden Sauerstoffmangel mit zunehmender Undurchlässigkeit der anwachsenden Flüssigkeitsschicht in den Lungenbläschen Ansteigen des Kohlensäuregehaltes im Blut ein. Im Gegensatz zum Scheintod bei der Kohlenoxydvergiftung ist hier also Atemreiz wohl vorhanden, wie schon die krampfhafte Atmung der Betroffenen deutlich zeigt.

[1]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 577.

Der Zusatz der Kohlensäure erfolgt durch entsprechende Einschaltung einer gewöhnlich 250 l Kohlensäure unter 50—60 Atmosphären Druck enthaltenden Kohlensäureflasche an ein geeignetes Sauerstoffinhalationsgerät, welches neben dem in allen Fällen erforderlichen Anschluß an die Sauerstoffflasche noch den Anschluß der Kohlensäureflasche gestattet; die zuströmende Menge der Kohlensäure ist dabei von 3—6% dosierbar. Bei dem lungenautomatisch arbeitenden Carbogengerät wird ein fertiges Gemisch von 95% Sauerstoff und 5% Kohlensäure verwendet. Der anteilmäßige Kohlensäurezusatz ist hierbei also nicht veränderlich, das vom Verunglückten eingeatmete Gasgemisch zeigt dauernd gleichbleibenden Prozentgehalt an Sauerstoff und Kohlensäure. Die Carbogenmenge kann beim freistehenden Carbogengerät entsprechend der Atemtiefe auf 20—40 l/min eingestellt werden. Die Maske muß Mund und Nase vollkommen dicht anliegen.

c) Pulmotor

Ein Gerät, das dem Helfer bei der Wiederbelebung die künstliche Atmung von Hand abnimmt, ist der Pulmotor. Durch einen sinnreichen Mechanismus wird dem Verunglückten bei der Einatmung unter einem Druck von 200 mm Wassersäule Luft mit einem Gehalt von 30% Sauerstoff — bei den neueren Modellen ist Steigerung bis 50% möglich — zugeführt. Bei der Ausatmung werden mit einer Saugkraft von 250 mm Wassersäule die Lungen entleert, die Ausatmungsluft gelangt ins Freie. Die Druckverhältnisse sind hier also umgekehrt wie bei der natürlichen Atmung, wo bei der Einatmung angesaugt und bei der Ausatmung die Luft herausgedrückt wird.

Die Umsteuerung erfolgt selbsttätig bei Erreichung obiger Druckwerte, ungefähr 14—16 mal in der Minute. Wenn die Maske dem Gesicht nicht ganz dicht ansitzt, steuert der Apparat nicht um. Völlig luftdichter Abschluß läßt sich nur erreichen, wenn die Maske des Pulmotors erst angelegt wird, nachdem zur Freihaltung des Kehlkopfeingangs der Unterkiefer kräftig nach vorn gebracht ist. Bei den anderen Methoden, die Zunge vorzuhalten, ist der unbedingt erforderliche luftdichte Sitz des Maskenrandes am Gesicht nicht zu erzielen (Teleky[1]). Sind die Atemwege verlegt, schlägt der Pulmotor infolge der raschen Füllung der Lederbälge ganz schnell hin und her, er klappert. Der Pulmotor warnt also in solchen Fällen.

Der von Roth[2]) angegebene Fingerdruck auf die Ringknorpel der Luftröhre zwecks Verschluß der Speiseröhre zur Verhinderung eines falschen Weges der Einatemluft ist bei der regelrechten Lagerung, wobei der Kopf infolge Unterpolsterung der Schultern etwas herab-

[1]) Teleky, Sauerstoffgeräte. Med. Welt S. 541 (1933).
[2]) Dräger-Vorträge, Atemschutz. Wiederbelebung.

hängt und der Unterkiefer vorgehalten wird, entbehrlich (Teleky[1]). Der von Jellineck[2]) als Engpaß des Lebens bezeichnete Kehlkopfeingang wird durch diese Kopflagerung genügend frei, daß die Luft, welche den Weg nach dem geringsten Widerstand nimmt, nicht durch die Speiseröhre in den Magen ausweicht.

Die Betriebsdauer des Dräger-Pulmotors beträgt bei der üblichen Sauerstoffflasche mit 300 l Inhalt bei 150 Atmosphären Druck bei ununterbrochener Arbeit 40 Minuten. Durch Anschluß großer Sauerstoff-

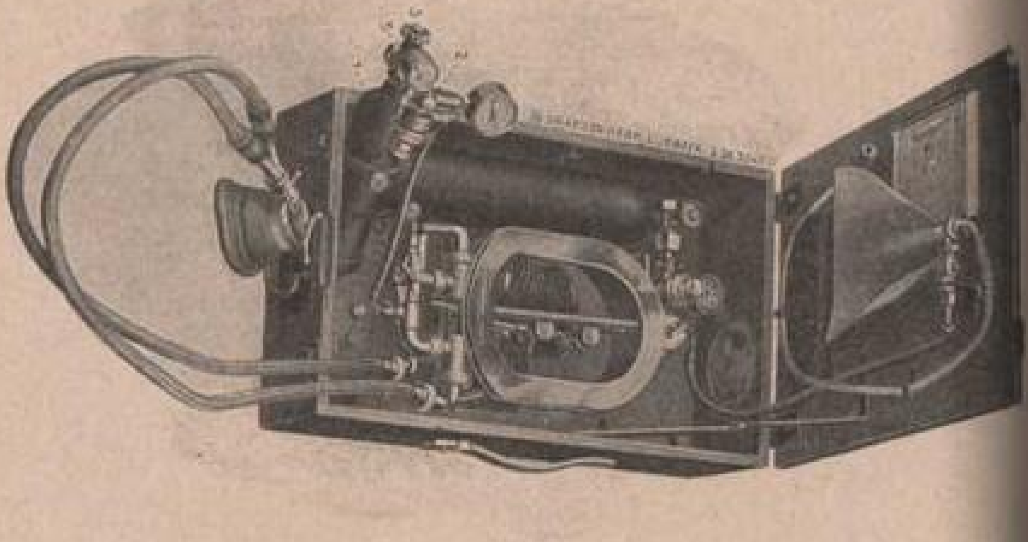


Abb. 51. Dräger-Pulmotor mit Kohlensäurezusatzeinrichtung
1 Kohlensäurebehälter, 2 Druckreduzierventil, 3 Verschlußventil, 4 Stellschraube, 5 Manometer, 6 Verbindungsschlauch (Kohlensäureleitung), 7 Injektorkrümmer, 8 Verschlußmutter für Kohlensäurebehälter
W III Die neuen Dräger-Einatemgeräte mit Kohlensäurezusatz, S. 21, Bild 18

flaschen kann diese Betriebszeit wesentlich erhöht werden. Kohlensäurezusatz ist auch bei der Lufteinblasung mit dem Pulmotor möglich.

Die Pulmotoren, vielfach bei Feuerwehr und Rettungsstellen im Gebrauch, werden sich zur Wiederbelebung nach Kohlenoxydvergiftung während eines Luftangriffs in der Hand geübter Sanitätshelfer bewähren (Abb. 51, 52).

Für den weniger geübten ersten Helfer aber erscheint gründlichste

[1]) Teleky, a. a. O.
[2]) Rumpf, Gasschutz, zit. S. 88.

Ausbildung in den Wiederbelebungsverfahren von Hand, also ohne Geräte schon deshalb die dringendste Aufgabe, weil einerseits die Geräte in den wenigsten Fällen sogleich zur Hand sein werden und andererseits gerade bei Scheintod, wie wir oben hörten, jede Minute kostbar ist.

Niemals darf mit dem Beginn der Wiederbelebungsversuche bis zum Heranbringen von Sauerstoffbehandlungsgeräten gewartet werden. Es sei denn, daß schwerste Verletzungen die Ausführung der künstlichen Beatmung von Hand unmöglich machen. Dann wird die Hoffnung auf einen Erfolg aber meist von Anfang an nur sehr gering sein.

d) Weitere Maßnahmen zur Wiederbelebung

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Gesichtsmasken der Geräte sowie die von Ausatemluft des Verunglückten durchströmten Atem-

Abb. 52. Anwendung des Dräger-Pulmotors
Büscher, Giftgas! und wir? Verlag Joh. Ambr. Barth, Leipzig. 2. Aufl. 1937

schläuche nach jedem Gebrauch in geeigneter Weise (s. S. 134, 149) keimfrei gemacht werden müssen. Gestattet dringliche Versorgung mehrerer Kranker keine längere Desinfektion, so muß wenigstens eine Reinigung und Abwaschung der Masken mit keimhemmenden Lösungen beim Wechsel von einem Verunglückten zum anderen stattfinden. Anderenfalls können ansteckende Krankheiten durch das Gerät leicht übertragen werden.

Der Arzt wird bei Scheintod die Wiederbelebungsversuche zunächst immer unterstützen durch Injektion von Mitteln, welche die

Atmung und den Kreislauf anregen (Lobelin, Cardiazol, Hexeton, Koffein, Kampfer usw.). Wir erinnern uns dabei, daß Injektionen nur dann Erfolg haben können, wenn der Kreislauf noch nicht völlig zum Erliegen gekommen ist. Denn bei fehlender Blutzirkulation werden die Arzneimittel nicht mehr an das Erfolgsorgan, die betreffenden Gewebszellen, herangebracht.

Erwähnt sei, daß in manchen Fällen Aderlaß, Kochsalzinfusion, Bluttransfusion angezeigt sind. Die Entscheidung über ihre Anwendung muß aber der Arzt nach Lage des einzelnen Falles treffen. Mit Ausnahme des Aderlasses stößt ihre Ausführung außerhalb von Krankenanstalten auf größte Schwierigkeiten.

Morphium eignet sich wegen seiner atemlähmenden Wirkung nicht als Beruhigungsmittel bei etwa infolge Kohlenoxydvergiftung auftretenden Erregungszuständen oder bei der durch Atemnot bedingten Unruhe Kampfstoffvergifteter. Die einzige und beste, weil kausale, Beruhigungsmethode ist in diesen Fällen die Sauerstoffzufuhr. Morphium und seine Derivate sind bei der ersten Hilfe nur angezeigt zur Schmerzlinderung bei schweren Verletzungen.

5. Erste Hilfe bei Kampfstoffeinwirkung

a) Allgemeines

Für die erste Hilfe bei Kampfstoffeinwirkung gelten die Grundsätze, welche wir auch im Gewerbebetrieb bei Einwirkung etwa von Chlorgas oder Salpetersäuredämpfen beachten. Erstes Erfordernis ist wie bei allen Gasvergiftungen raschestes Herausholen des Verunglückten aus der kampfstoffhaltigen Umgebung in reine, frische Luft. Bei Anwendung von chemischen Kampfstoffen zu Luftangriffen z. B. auf engbebaute Orte wird man diese Forderung in der Regel am besten durch Hereinholen des Betreffenden von der kampfstoffvergifteten Straße in den nächsten Schutzraum erfüllen. Durch sofortigen vorsichtigen Kleiderwechsel und Fernhaltung der kampfstoffhaltigen Kleidung aus dem Schutzraum ist Sorge zu tragen, daß nicht weitere Schädigungen durch den Kampfstoff hervorgerufen werden können.

Wie unbedingte Voraussetzung sachgemäßer Hilfe bei Unfällen durch Starkstrom, bei Rettung aus brennenden oder eingestürzten Häusern oder bei Bergung aus Räumen, die mit nichtatembaren Gasen angefüllt sind, genügender Schutz des Retters selbst ist, so dürfen wir auch bei der Rettung aus Kampfstoffgefahr niemals die uns selbst drohenden Gefahren außer acht lassen. Die nötigen Maßnahmen unterscheiden sich je nach der Art des Kampfstoffes. Können wir nicht erkennen, um welchen Kampfstoff es sich handelt, werden wir unser Verhalten immer so einrichten, als läge der gefährlichere von uns vermutete Kampfstoff vor. Besteht die Möglichkeit, daß wir es mit einem Hautgift zu tun haben, ist andererseits das Vorhandensein eines Atemgiftes nicht auszuschließen, so werden wir für unseren Schutz beide Möglichkeiten berücksichtigen müssen.

Aus den vorhergehenden Abschnitten (S. 61) ist uns bekannt, daß man die Kampfstoffe vorzugsweise nach medizinischen Gesichtspunkten einteilt in:

1. Reizstoffe.
2. Erstickende Kampfstoffe.
3. Ätzende Kampfstoffe.
4. Sonstige schädliche Stoffe.

Diese sehr zweckmäßige Einteilung beruht auf den sinnfälligsten Krankheitserscheinungen, welche die einzelnen chemischen Stoffe in der bei kampfstoffmäßiger Anwendung erreichbaren Konzentration hervorrufen. Die als allgemein verbindlich vorgeschlagene Einteilung (Gasschutz und Luftschutz)[1] gibt die gerade für den Laien und die Begründung der einzelnen Maßnahmen der Ersten Hilfe beste Übersicht. Sie wird daher auch diesen Ausführungen zugrunde gelegt. Zur Vermeidung von Irrtümern sei aber darauf hingewiesen, daß diese Einteilung nicht völlig übereinstimmt mit der umfassenderen pharmakologisch-toxikologischen Einteilung der schädlichen Gase und Dämpfe nach Henderson-Haggard und Flury; die Begriffe decken sich nicht mit den gleich oder ähnlich bezeichneten gastoxikologischen Begriffen (Zernik)[2].

Zu den Reizstoffen rechnen die Tränenstoffe oder Augenreizstoffe und die in der Blaukreuzgruppe zusammengefaßten Nasen-Rachenreizstoffe.

Als erstickende Kampfstoffe bezeichnet man die vornehmlich infolge heftigster Lungenreizung erstickend wirkenden Kampfstoffe der Grünkreuzgruppe.

Als (hautreizende oder) ätzende Kampfstoffe bezeichnen wir die Gifte der Gelbkreuzgruppe.

Die meisten bekannten Kampfstoffe lassen sich also in diesen Gruppen unterbringen; es scheidet nur der im Kriege trotz seiner hohen Giftigkeit mit wenig Erfolg versuchte Zyanwasserstoff und auch das Bromzyan aus, die unter „sonstige schädliche Stoffe" eingereiht werden. Diese Stoffe haben für uns mehr Bedeutung durch die Möglichkeit gewerblicher Vergiftung, u. a. bei ihrer Anwendung zur Schädlingsbekämpfung (z. B. Zyklonverfahren) und durch ihre Bildung in gefährlicher Menge bei bestimmten Bränden, vor allem von Zelluloidgegen-

[1]) Gasschutz und Luftschutz 2, 123 (1932).

[2]) Zernik, Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der schädlichen Gase und Dämpfe, Bd. XIV der Ergeb. der hyg. Bakt.forschg. und experim. Therapie S. 249 (1933).

ständen. Sie wirken ähnlich wie Kohlenoxyd. Daraus ergibt sich, daß die erste Hilfeleistung und Behandlung bei Blausäurevergiftung weitgehend der bei Vergiftung durch andere ohne Schädigung der Lungen erstickend wirkende Gase entspricht.

Umgekehrt zeigen die früher schon erwähnten, nicht als Kampfstoff verwendeten nitrosen Gase in ihrer Wirkung weitgehende Übereinstimmung mit den Kampfstoffen der Grünkreuzgruppe, so daß auch für ihre Behandlung und die erste Hilfe dieselben Gesichtspunkte maßgebend sind wie bei den Giften der Grünkreuzgruppe.

Je nach Konzentration, Einwirkungszeit und sonstigen Umständen gibt es bezüglich der Wirkung der in die einzelnen Gruppen eingereihten Stoffe Übergänge zu anderen Gruppen. Ein Augenreizstoff oder Blaukreuzkampfstoff kann in sehr hoher Konzentration — wie sie bei kampfstoffmäßiger Verwendung aber nicht in Frage kommt — lungenschädigend wirken wie ein Grünkreuzkampfstoff; die Arsinwirkung der Blaukreuzkampfstoffe kann zu ähnlichen Hautschädigungen (entzündliche Rötung, Blasenbildungen usw.) führen wie ein Gelbkreuzkampfstoff. Die Gelbkreuzkampfstoffe greifen nicht nur die Haut an, sondern alle Zellen, an welche sie gelangen. Die für die einzelnen Kampfstoffgruppen charakteristischen Erscheinungen beherrschen aber im Bereich der bei Luftangriffen zu erwartenden Wirkungsbreite so sehr das Krankheitsbild, daß die oben angeführte Einteilung der chemischen Kampfstoffe nach ihrer augenfälligsten Wirkung die für den Aufbau des Schutzes wie der Behandlung brauchbarste Grundlage gibt.

Alle Kampfstoffe können bei der Atmung in unsere Luftwege gelangen, sei es in Schwebstofform (Blaukreuzstoffe), in Dampfform (Gelbkreuzstoffe, ein Teil der Grünkreuzstoffe) oder in reiner Gasform (die Grünkreuzstoffe Chlor und Phosgen).

Den besten Schutz bietet dagegen die Gasmaske, das Filtergerät; sie schützt überdies auch die Augen.

Für den Verletzten leistet auch die den ganzen Kopf umschließende am Hals zuzubindende Gasschutzhaube mit Atemeinsatz gute Dienste. Die ungünstige Beeinflussung des Atemvorganges durch den großen Totraum (Erhöhung des Kohlensäuregehalts, Verminderung des Sauerstoffanteils der Einatemluft) muß bei dem ruhig auf der Trage Liegenden in Kauf genommen werden gegenüber dem Vorteil des Schutzes vor weiterer Kampfstoffeinatmung.

Einen guten Atemschutz erreicht man noch, wenn man bei zugehaltener Nase durch den in den geschlossenen Mund genommenen Atemeinsatz der Gasmaske atmet. Hat man bei der Hilfeleistung nur eine Gasmaske, aber zwei Atemeinsätze bei sich, so kann der Verunglückte den Reserveeinsatz dergestalt benutzen.

Ein Taschentuch oder Mullappen, mehrfach (zwölffach) zusammengelegt, mit 1% Sodalösung oder 1%iger Urotropinlösung (Hexamethylentetramin) gut durchfeuchtet und mit einer dünnen Watteschichteinlage versehen, bietet einen verhältnismäßig guten Schutz gegen Phosgen und Perstoff sowie — durch die Watteschicht — gegen Blaukreuzstoffe, nur geringen Schutz jedoch gegen Chlorpikrin und die Gelbkreuzstoffe (Muntsch)[1]. Voraussetzung ist so festes Anpressen an Mund und Nase, daß die gesamte Einatemluft durch die Schutzschicht streicht. Beim Verletzten wird man nach Möglichkeit auch die Augen in diesen Schutz einbeziehen, da er ja nicht selbst seinen Weg finden muß.

Mit Wasser oder anderen Flüssigkeiten angefeuchtete Tücher kommen an diese Schutzwirkung mehr oder — meist — weniger heran. Trocken über den Kopf gezogene Tücher und Kleidungsstücke schützen nur ganz kurze Zeit (Muntsch)[1] und nur teilweise (z. B. nicht gegen Schwebstoffe).

Ist Durchschreiten eines kleinen mit Kampfstoff vergifteten Gebietes ohne irgendein Schutzmittel unbedingt erforderlich, so müssen wir wenigstens versuchen, solange den Atem anzuhalten. Es gelingt uns leichter, wenn wir unmittelbar vor dem Verlassen des Schutzraumes durch mehrmaliges ganz tiefes Ein- und Ausatmen die Kohlensäure möglichst aus unseren Lungen ausgespült und Sauerstoff angespeichert haben. Auf keinen Fall dürfen wir dergestalt Sauerstoffanhäufung durch tiefes Atemholen versuchen, wenn geringster Reiz oder Geruch das Vorhandensein von chemischen Kampfstoffen in der Luft vermuten lassen. Der unsichtbare Kampfstoffschwaden bietet uns kein anderes Erkennungsmittel, das eine sichere Abgrenzung gegen die giftfreie Luft ermöglichte. Zudem setzt er sich von der ihn umgebenden freien Atmosphäre nicht scharf ab, sondern es bilden sich an seinem Rand immer durch Giftstoffbeimengung mehr oder weniger gefährliche Gemische.

Wird man von einem Gasschwaden überrascht, so entfernt man sich ohne Hast, am besten senkrecht zur Windrichtung. Schnelles Gehen oder gar Laufen zwingt uns zu tiefem Atmen; in diesem Augenblick kommt es aber gerade darauf an, möglichst flach zu atmen, damit die Kampfstoffteilchen nicht so sehr in die Lungen gelangen. Wer ohne oder nur unter behelfsmäßigem Schutz Grün- oder Gelbkreuzschwaden durchschritten hat, muß, auch wenn er sich selbst wohl fühlt, als krankheitsverdächtig behandelt werden. Denn im Gegensatz zu der sofort wahrnehmbaren Wirkung der Reizstoffe ist die Vergiftung mit diesen Kampfstoffen häufig erst nach Verlauf einer in der Regel mehrstündigen Zeitspanne trügerischen Wohlbefindens zu erkennen.

Die Maßnahmen, welche die Möglichkeit der Verschleppung von flüssigem Gelbkreuzkampfstoff erfordert, werden später noch erörtert werden.

[1] Wirth-Muntsch, Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung S. 18.

14*

Wenn wir nunmehr besprechen, welche Art der ersten Hilfe die Vergiftung mit einzelnen Kampfstoffen erheischt, so müssen wir uns kurz die Hauptwirkung der jeweiligen Kampfstoffgruppe vor Augen halten.

b) Reizstoffe

Wir erinnern uns, daß die sog. Augen- oder Tränenreizstoffe schon in geringsten Mengen sofort äußerst heftige Reizung der Augenschleimhäute hervorrufen. Durch die starke Schmerzhaftigkeit, heftigen Tränenfluß und Lidkrampf kann das Sehvermögen stark beeinträchtigt, in schwersten Fällen vorübergehend vollkommen aufgehoben sein. Aber auch andere Schleimhäute und die Haut selbst, besonders an feuchten Stellen, werden, wenn auch in viel schwächerem Maße, in Mitleidenschaft gezogen.

Zwar können Bromazeton und Brommethyläthylketon in höchsten Konzentrationen Lungenödem erzeugen. Bei Anwendung als Kampfstoff im Freien werden diese Konzentrationen jedoch nicht erreicht. Zu derartige Gefahren bergender längerdauernder Einatmung kommt es meist nicht, weil die viel rascher als die Giftwirkung eintretende heftigste Reizwirkung zu schleunigstem Verlassen der vergifteten Atmosphäre zwingt.

Die Nasen- und Rachenreizstoffe oder Blaukreuzkampfstoffe reizen außerordentlich stark alle Schleimhäute, insbesondere die oberen Luftwege, aber auch die tieferen Atemwege und die Augen, in geringerem Maße die äußere Haut. Heftigste Niesanfälle, Krampfhusten sind die auffälligsten Reizerscheinungen. In den leichtesten Fällen bleibt es wohl bei starkem Hustenreiz, heftigem Augentränen, reichlicher Speichel- und Sekretabsonderung aus Mund und Nase. In schwereren Fällen treten weiter mehr oder weniger heftige Stirn- und Schläfenkopfschmerzen, Kiefer- und Zahnschmerzen, Druckgefühl im Ohr, Schmerzen hinter dem Brustbein, schließlich Atemnot auf. Dazu gesellen sich Brechreiz, weiterhin Schwindelgefühl, unsichere Schwäche in den Beinen, Schmerzen in allen Gliedern, Gelenken und Muskeln, heftiges Fremdkörpergefühl im Auge.

Schon geringste Bruchteile (Hundertstel und Tausendstel) eines Milligramms im Liter Luft machen in wenigen Sekunden arbeitsunfähig. Eine Eigentümlichkeit dieser hochmolekularen Arsine ist die von Flury-Zernik[1]) als Charakteristikum der organischen Arsine aufgezeichnete erhebliche Nachwirkung, d. h. auch nach der Entfernung aus der gifthaltigen Luft nehmen die Beschwerden oft noch periodisch zu.

Glücklicherweise haben die Nasen-Rachenreizstoffe mit den Augenreizstoffen gemeinsam, daß ihre Reizwirkung die Giftwirkung erheblich übertrifft und daß die Reizerscheinungen nach rascher Entfernung aus

[1]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 182.

dem Schwaden meist ohne jede Behandlung schnell wieder verschwinden.

Für die erste Hilfe ergibt sich daraus neben der selbstverständlichen Forderung nach umgehender Verbringung in kampfstoffreie Luft die nach Ruhe. Die Reizerscheinungen klingen dabei am raschesten ab.

Auf die Verhältnisse des Luftangriffs übertragen lautet die Forderung: Sofort in den nächsten Schutzraum, Kleiderwechsel! Kampfstoffhaltige Kleidungsstücke (Oberkleider) schon vor dem Betreten des Schutzraumes ablegen! Im Schutzraum in Decken oder Ersatzkleidung hüllen, bei heftiger Reizung bequem lagern!

Die Augenbeschwerden lindert Behandlung (sowohl Waschungen wie Umschläge) mit Borwasser (3%) und Einstreichen alkalischer Augensalbe. Die Beschwerden von seiten der Atemwege werden gemildert durch Einatmen schwacher Chlordämpfe, z. B. Riechenlassen an Chlorkalkpuder, oder Gurgeln mit alkalischen Lösungen, wie Natriumbikarbonatlösung (2½%), Sodalösung, Kaliumpermanganat. Wenn Hautbehandlung notwendig wird, macht man Umschläge mit Natriumbikarbonatlösung.

In schweren Fällen muß so rasch wie möglich ärztliche Behandlung herbeigeführt werden. Zur Inhalation auf der Rettungsstelle scheint folgende Mischung geeignet, die sich nach Muntsch[1]) bewährt hat: Alkohol 40,0, Chloroform 40,0, Äther 15,0, Ammoniak 5,0.

Auf die nur für die schwersten Fälle notwendig werdende weitere ärztliche Behandlung kann im Rahmen der ersten Hilfe nicht näher eingegangen werden. Sie wird symptomatisch sein und je nach den Erscheinungen (Lungenödem) von den bei Grünkreuzerkrankungen oder (Hautschädigung mit Blasenbildung, Pseudomembranbildung in Luftröhre) von den bei Gelbkreuzerkrankungen erprobten Verfahren und Mitteln Gebrauch machen[2]).

c) Erstickende Kampfstoffe

Die Kampfstoffe der Grünkreuzgruppe zeigen als hervorstechendste gemeinsame Wirkung schwerste Lungenschädigung. Die Reizwirkung auf die Schleimhaut der Augen und oberen Atemwege ist dagegen gering. Für diese Kampfstoffe, insbesondere des Phosgen, ist die Habersche Formel $w = c \cdot t$ voll anwendbar, wobei w den Wirkungsgrad, c die Gaskonzentration in mg/m³ und t die Zeit in Minuten angibt. Die Wirkung ist in gleicher Weise abhängig von der Konzentration wie von der Einwirkungszeit, so daß man also bei kurzdauernder Einatmung einer hohen Konzentration dieselbe Schädigung erwarten muß wie bei langdauernder Einatmung einer niederen Konzentration, wenn das Produkt der beiden Größen $(c \cdot t)$ gleich ist.

[1]) Muntsch, Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfgaserkrankungen S. 75 (1932).

[2]) Muntsch, a. a. O.

Oft empfindet der in einen derartigen Schwaden Geratene lediglich den eigenartigen Geruch. In anderen Fällen kommt es zunächst zu leichten bis mehr oder weniger schweren Reizerscheinungen von seiten der Nasen-Rachenschleimhaut und auch der Augenbindehäute, unter Umständen zu Brechreiz.

Nach einer meist mehrstündigen Latenzzeit trügerischen Wohlbefindens zeigen sich dann die ersten Anzeichen der Lungenschädigung, in schweren Fällen des oft in stürmischem Verlauf zum Tode führenden Lungenödems (Abb. 53).

Abb. 53. Ansicht einer normalen und einer Phosgenlunge, 5 Stunden nach Einatmung des Giftes

Muntsch, Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfgaserkrankungen, 1932, S. 27, Abb. 3

In leichten Fällen kommt es nach den ersten Reizerscheinungen gewöhnlich nur zu einer Bronchitis. In schweren Fällen führt die Reizung der Lungenwandungen zum Austritt großer Mengen von Blutplasma in die Lungenbläschen, der Gasaustausch in der sich schwammartig vollsaugenden Lunge wird mehr und mehr unterbunden, der Kreislauf durch die Eindickung des Blutes in stärkstem Maße erschwert. Bildet sich das Ödem nicht wie in mittelschweren Fällen zurück, tritt schließlich in den schwersten Fällen Tod durch Erstickung oder Herzlähmung ein.

Wir sehen daher bei leichter Vergiftung nach den ersten Reizerscheinungen: Brennen, Trockenheit im Halse, Husten, Brechreiz, Beklemmungsgefühl, die Erscheinungen eines Brustkatarrhs; mehr oder weniger starke Brustschmerzen und Verschleimung mit starkem Hustenreiz. Die Kranken vermeiden meist aus gefühlsmäßigem Trieb jegliche Muskelanstrengung um das Sauerstoffbedürfnis des Körpers nicht noch zu vermehren. Auch anscheinend leichte Fälle können sich durch Bewegungen rasch verschlimmern und plötzlich und unerwartet tödlich enden (Flury-Zernik)[1]. Das Lungenödem der schweren Vergiftungen zeigt sich nach der Latenzzeit an zunächst in zunehmenden Brustbeschwerden, Hustenreiz, sich mehr und mehr steigernder Atemnot, schaumigem Auswurf. Die Kranken werden von angsterfüllter Unruhe geplagt, ringen in schwersten Fällen mit fahlem Gesicht krampfhaft nach Atem. Mit der Rückbildung des Ödems geht dieser Zustand allmählich wieder zurück. Haben die Schwerkranken die ersten 2 bis 3 Tage überstanden, so wächst die Hoffnung auf Erhaltung des Lebens und Wiederherstellung rasch.

Das gegen Wasser viel widerstandsfähigere Chlorpikrin hat eine etwas abweichende Wirkung gegenüber den anderen Grünkreuzstoffen: Chlorpikrin hat einen schwächeren Lungenreiz als Phosgen, reizt aber die Hornhaut, sowie die Nasen- und Rachenschleimhaut heftig (Wirth-Muntsch)[2]. Es wirkt auch resorptiv, d. h. dadurch, daß unzersetzte Giftteilchen auf dem Lymph- oder Blutwege an andere Organe herangebracht werden und dort zu unmittelbarer Schädigung führen.

Der erste Helfer kann in den ersten Stunden nach der Vergiftung, also während des Luftangriffs nicht entscheiden, ob es sich um eine leichte oder schwere Vergiftung handelt. Im Gegenteil täuscht nur zu oft scheinbares Wohlbefinden über den Ernst der Erkrankung hinweg.

Die Möglichkeit schwerer Schädigung der Lunge erfordert in jedem Falle möglichste Einschränkung des Sauerstoffbedarfs. Sie wird erreicht durch vollständige Ruhelage. Jeder einer Vergiftung mit Grünkreuzkampfstoff Verdächtige muß unbedingt getragen werden. Auch wenn er selbst keinerlei Beschwerden verspürt, muß er mindestens für mehrere Stunden unter Einhaltung vollster Körperruhe beobachtet werden.

Die Kleidung wird möglichst rasch gewechselt, damit nicht etwa noch in ihr steckender Kampfstoff weiter eingeatmet wird. Voraussetzung dafür ist aber das Vorhandensein genügender Ersatzkleidung oder von Decken zur warmen Einhüllung. Schutz vor Abkühlung ist hier neben der Ruhigstellung erstes Erfordernis!

Bei Schleimhautreizungen der oberen Luftwege ist Inhalation von

[1]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 226.

[2]) Wirth-Muntsch, Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung S. 84.

Menthol oder Eukalyptusöl zu empfehlen, bei Reizung der Augenbindehäute Behandlung mit 3% Borwasser und nachfolgendes Einstreichen alkalischer Augensalbe.

Treten Brustbeschwerden auf, so ist der Kranke so rasch wie möglich ärztlicher Behandlung zuzuführen. Gegen die mit der Atemnot verknüpfte Unruhe darf niemals Morphium angewendet werden. Am besten hilft Zufuhr von Sauerstoff mit dem Sauerstoffbehandlungsgerät, über welches sowohl der Sanitätstrupp wie die Rettungsstelle verfügt.

Die Sauerstoffbeatmung darf aber nie unter Druck, etwa mit dem Pulmotor, ausgeführt werden. Ebensowenig ist — das sei hier nochmals betont — künstliche Atmung angezeigt. Diese beiden Verfahren zur Wiederanregung darniederliegender Atemtätigkeit sind bei allen Kampfstoffen fehl am Platze, weil hier immer Atemwege und Lungen aufs schwerste krankhaft verändert sind. Infolgedessen würde durch die Sauerstoffeinblasung unter Druck wie durch die kräftigen künstlichen Atembewegungen die Gefahr schwerster Schädigung heraufbeschworen.

Sauerstoffzufuhr ruft meist schon innerhalb weniger Minuten merkliche Besserung hervor: Die Atemzüge werden regelmäßiger, die vorher bleiche oder zyanotische Gesichtsfarbe wird wieder normal, der Puls kräftiger, die ängstliche, gequälte Stimmung weicht. Der Kranke geht jetzt auch besser auf unseren beruhigenden Zuspruch ein, der vielleicht nirgends so nötig ist als bei diesen unter schwerem Erstickungsgefühl Leidenden. Die Sauerstoffzufuhr kann nach Eintreten der Besserung ohne Bedenken unterbrochen werden bis sich wieder eine Verschlechterung der Atmung oder des Allgemeinzustandes zeigt.

Schlagartige Besserung bringt bei Lungenödem oft der Aderlaß. Wegen der Schwierigkeit der Beurteilung des gesamten Krankheitsbildes, der Anzeigestellung und der Ausführung, gehört der Aderlaß grundsätzlich in die Hand des Arztes. Die starke Eindickung des Blutes erfordert oft Einschnitte in die Pulsader, um die nötige Blutmenge — wenigstens 500 ccm — herauszubekommen. Der Kreislauf muß vorher durch Gaben von Exzitantien, (Cardiazol, Koffein, Kampfer usw. — in eiligen Fällen Strophanthin —) gekräftigt sein.

Ein guter, auch vom Laien durchführbarer Ersatz des Aderlasses ist eine kräftige Schwitzkur durch Einpacken in Decken und Wärmflaschen. Verbrennungen vermeidet man durch Einwickeln der sicher verschlossenen Wärmflachen in Tücher. Zur Erwärmung und Stärkung darf man Kaffee und Tee mit etwas Kognak oder Rum geben.

Die weitere ärztliche Behandlung wird beherrscht von der Bekämpfung des Lungenödems und der Kreislaufstörung. Herz- und Kreislaufmittel stehen deshalb mit in vorderster Linie des Rüstzeuges. Für Leser, welche sich darüber eingehender zu belehren wünschen, sei vor allem auf den Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfstofferkrankungen von Muntsch verwiesen.

d) Ätzende Kampfstoffe

Die Gruppe der Gelbkreuzkampfstoffe umfaßt Schwefel- bzw. Arsenverbindungen, welche als schwere Zellgifte wirken. Diesen Stoffen eignet große Seßhaftigkeit und Durchdringungskraft, worauf schon im vorhergehendem Abschnitt IV hingewiesen wurde. An Boden, Mauerwerk und Strauch haftende Tropfen können viele Tage, ja wochenlang ihre Wirksamkeit behalten. Sehr schnell dringt der Kampfstoff durch Kleiderstoffe; aber auch Leder, selbst Gummi bildet nur einen zeitlich begrenzten Schutz.

Abb. 54. Gelbkreuzverätzung des Vorderarmes in der Vernarbung
Muntsch, Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfgaserkrankungen, 1932, S. 53, Abb. 13

Wo Gelbkreuzkampfstoff in flüssiger Form oder als Dampf mit lebenden Zellen in Berührung kommt, tritt seine schwere Zellgiftwirkung ein. Beim Auftreffen in flüssiger Form ist die Wirkung stärker als beim Auftreffen in Dampfform.

Die örtlichen Wirkungen ähneln denen bei Verbrennung durch ultraviolette Strahlen (Sonnenbrand) mit Rötung, Blasenbildung, Nekrose (Zelltod) (Abb. 54, 55, 56, 57).

Am Auge kann besonders flüssiger Kampfstoff die Hornhaut schwer schädigen. Meist gelingt es aber, die volle Sehfähigkeit verhältnismäßig rasch wieder herzustellen.

An den Luftwegen kommt es je nach Stärke der Konzentration und Dauer der Einatmung zur einfachen Reizung der Schleimhäute bis zur häutchenförmigen Abstoßung der oberen Schleimhautschichten. Die Ansiedlung von Keimen auf den Wundflächen führt sodann über schwere Eiterungen zu Lungenerkrankungen, die in der 2.—4. Woche noch tödlich enden können.

Abb. 55. Hautschädigung durch Dichlordiäthylsulfid nach 48 Std.

Der Gelbkreuzkampfstoff wirkt nicht nur am Berührungsort, sondern auch nach Verschleppung unzersetzten Giftstoffs auf dem Blut- und Lymphwege an entfernter liegenden Organen. Das Darniederliegen der Lebensvorgänge kommt besonders bei schweren Vergiftungen sinnfällig zum Ausdruck durch die Veränderungen im Blute

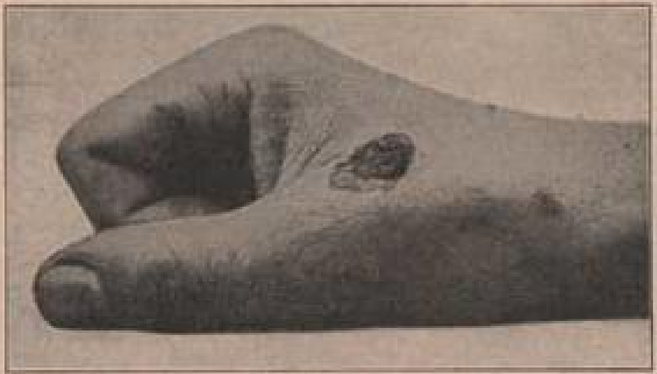


Abb. 56. Dieselbe nach 3 Wochen

Feßler, Gebele und Prandtl, Gaskampfstoffe und Gasvergiftungen. Verlag J. J Arnd Leipzig 1931, Abb. 1 und 2

(**Muntsch**[1])), die zögernde Heilung, die Abzehrung und durch die völlige Teilnahmlosigkeit der Kranken, welche bis zur Nahrungsverweigerung gehen kann, sowie durch die Spättodesfälle.

Mit Ausnahme von Lewisit, der sofort bei Berührung mit der Haut Brennen hervorruft, machen sich die Gelbkreuzkampfstoffe beim Auftreffen auf den Körper durch keinerlei Gefühlswahrnehmung bemerkbar.

[1]) **Muntsch**, Die Blutveränderungen bei Kampfgaserkrankungen als diagnostisches Hilfsmittel. Klin. Wschr. 1934.

Es vergeht eine mehr oder weniger lange heimtückische Zeitspanne bis zum Auftreten der ersten Erscheinungen: bei allerleichtester Vergiftung gelindes Jucken, Rötung der Haut, der Augenbindehaut, Trockenheit und Kitzel im Hals, etwas heisere Stimme, häufiges Räuspern; bei etwas schwererer Schädigung dazu prickelndes Gefühl in Nase, Rachen, Kehlkopf, entzündliche Schwellung und Absonderung der Nasenschleimhaut, Schluckbeschwerden; in mittelschweren Fällen starke Entzündung der oberen Atemwege, Erschwerung der Atmung, Heiserkeit bis zur Stimmlosigkeit, starker Brustschmerz, quälender Husten, meist wenig Auswurf, Magen-Darmstörungen, leichtes Fieber, Störung

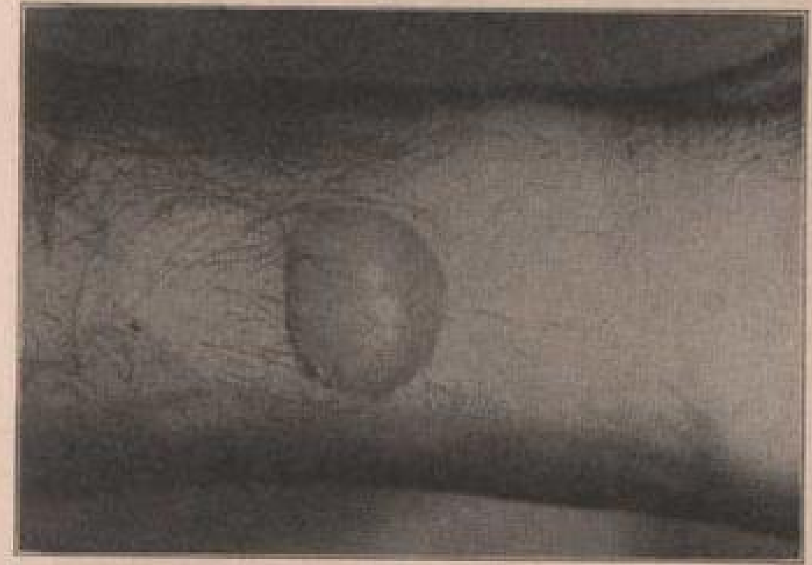


Abb. 57. 3 Tage alte Hautschädigung durch Dichlordiäthylsulfid. Einwirkung durch die Kleidung hindurch

Büscher, Giftgas! und wir? Verlag Joh. Ambr. Barth Leipzig 2. Aufl. 1937

des Sehvermögens durch heftige Bindehautentzündung und starke Tränen- und Sekretabsonderung, Schwellung, Lichtscheu, Lidkrampf, an der Haut ausgedehnte entzündliche Rötung, Abschilferung, unter Umständen Blasenbildung, schlechtes Allgemeinbefinden. In schwersten Fällen sind die Erscheinungen noch heftiger und vielgestaltiger. Ob ein Fall wirklich leicht oder schwer ist, läßt sich gewöhnlich erst nach einigen Tagen beurteilen[1]).

Wir sind zur raschen Erkennung einer Gelbkreuzberührung — mit

[1]) **Flury-Zernik**, Schädliche Gase S. 365.

Ausnahme des Lewisits — wegen der fehlenden Warnung durch das Gefühl nur auf Gesicht und Geruch angewiesen. Dies ist um so wichtiger als wir bei sofortigem sachgemäßen Eingreifen die Schädigungen verhindern können.

Die Arbeit des Helfers in gelbkreuzvergiftetem Gelände bedingt ganz besonderen Schutz nicht nur vor Einatmung, sondern auch vor Berührung. Er wird am besten erreicht durch Gasmaske und vollständigen Gasanzug einschließlich ebensolcher Handschuhe und Stiefel. Man achte auf verdächtige Spritzer und vermeide, mit ihnen in Berührung zu kommen.

Die Kleidung eines aus einem Gelbkreuzgebiet Kommenden ist immer verdächtig auf Anhaften von Kampfstoff. Um eine weitere Einwirkung des Kampfstoffes und seine Verschleppung zu vermeiden, müssen die Kleider so rasch wie möglich gewechselt werden. Die gifthaltige Kleidung wird spätestens vor Betreten des Schutzraumes abgelegt. Damit wird zweckmäßig eine Seifenwaschung möglichst des ganzen Körpers verbunden.

Muß der Helfer verdächtige Stellen mit bloßer Hand berühren, so bietet ihm Eintauchen der Hände in Chlorkalkbrühe vorher oder unmittelbar nachher Schutz. In Ermangelung von Chlorpräparaten wäscht man kräftig mit Seifenwasser ab.

Die Maßnahmen der ersten Hilfe richten sich unter Beachtung der oben angeführten Vorsichtsmaßregeln nach der Zeit, welche seit dem Auftreffen des Kampfstoffes verflossen ist, und danach, ob eine Schädigung der Luftwege auszuschließen ist oder nicht.

Grundsatz ist möglichst rasche Vernichtung des Kampfstoffes, um sowohl weitere Schädigung des Betroffenen als auch Gefährdung anderer durch Verschleppung des Kampfstoffes zu vermeiden.

Besteht der Verdacht, daß Kampfstoff dampfförmig in die Luftwege gelangte, soll der Verunglückte immer unter völliger Ruhigstellung, also liegend, ärztlicher Behandlung zugeführt werden. Die Tragen werden nach dem Transport entgiftet.

Ist die Überführung nicht sofort möglich, wird man wenigstens die von Muntsch[1]) für die erste Hilfe an Ort und Stelle angegebene Vorbehandlung mit frisch angesetzten Lösungen im nächsten Schutzraum durchführen: Baden der Augen mit in 1% Natriumbikarbonatlösung getauchtem Wattetupfer, Behandlung des Gesichts mit in 0,5—1% Chloraminlösung getauchtem Wattebausch, Mundspülung mit 0,1% Kaliumpermanganatlösung und Eintauchen der Hände in Chlorkalkbrühe mit nachfolgender kräftiger Wasserspülung. Auch Gurgeln und Inhalieren mit 3—5% Natriumbikarbonatlösung kommt in Frage.

[1]) Wirth-Muntsch, Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung S. 161 (1933).

Wird die Benetzung der Haut mit Gelbkreuzkampfstoff innerhalb 10 Minuten nach dem Auftreffen bemerkt, so tupft man den Tropfen sofort vorsichtig — ohne Reiben! — mit dem Taschentuch oder einem anderen Tupfer ab. Zur Vermeidung einer Schädigung der ausführenden Hand durch etwa den Tupfer durchdringenden Kampfstoff taucht man sie, wenn irgendmöglich, unmittelbar vorher oder möglichst rasch nach dem Abtupfen in Chlorkalkbrühe ein. Im vergifteten Gelände kann man diesen Tupfer wegwerfen; im Schutzraum aber muß er sofort vernichtet werden, um weitere Schädigungen durch den ihm anhaftenden unzerstörten Kampfstoff zu vermeiden. Bei der einfachsten Art der Vernichtung, nämlich der Verbrennung der Tupfer, können sich schädliche Dämpfe entwickeln. Deren Einatmung ist bei Verbrennung derartigen Materials in geschlossenen Räumen beim Fehlen von Atemschutzgeräten nicht zu vermeiden. Ferner wird dabei für die menschliche Atmung nötiger Sauerstoff verbraucht. Deshalb ist im Schutzraum Unschädlichmachung der Tupfer durch Einbringen in blechausgeschlagene, luftdicht schließende Gefäße, die nach Beendigung des Fliegeralarms entgiftet werden, vorteilhafter. Beim Fehlen aller weiteren Hilfsmittel schließt man eine gründliche Seifenwaschung an.

Oxydierende Mittel zersetzen den Kampfstoff, z. B. Kaliumpermanganat oder Wasserstoffsuperoxyd, Chlor, Chloramin, Perchloron, das in Tablettenform in den Handel kommende Losantin. Am zweckmäßigsten macht man sich einen frischen Chlorkalkbrei zurecht und läßt ihn unter 2—3maligem Tupferwechsel auf die betroffene Stelle 10 Minuten lang einwirken. Anschließend erfolgt Waschung mit Wasser und Seife.

Die Anwendung des Chlorkalks in Puderform ist nicht empfehlenswert, weil der Puder an behaarten Körperstellen oft nicht bis zur Haut vordringt, die Reaktionswärme bei der Zersetzung des Kampfstoffes nicht mildert und bei leichtem Luftzug schon weggeweht wird.

Sitzt der Kampfstoffspritzer an der Bekleidung, genügt wegen seiner raschen Durchdringung niemals seine Vernichtung allein an der Außenseite des Kleidungsstückes. Wenn nicht entsprechende Behandlung des ganzen Körpers (Seifenduschung usw.) durchführbar ist, muß mindestens die darunterliegende Hautpartie immer mitbehandelt werden.

Gelbkreuzkampfstoffhaltige Kleidungsstücke sind wegen der Übertragungsgefahr behutsam, aber so bald wie möglich auszuziehen. Spätestens beim Betreten des Schutzraumes sind sie in dichtverschlossene Blechbehälter abzulegen, die der Sachenentgiftungsanstalt zugeführt werden.

Ist ein Gelbkreuzspritzer in das Auge gelangt, dürfen wir vom Chlorkalk wegen seiner starken Reizwirkung auf die Augenschleimhäute keinen Gebrauch machen. Man kann durch Vorhalten von Zwiebeln, Meerrettich, Salmiakgeist die Tränenabsonderung anregen oder durch

Eingießen einer schwachen Kochsalzlösung (1 Kaffeelöffel Salz auf ¼ l Wasser (Muntsch)[1]) in den Bindehautsack.

Am besten wird der Kampfstoff verdünnt und entfernt, wenn wir sogleich unter Anwendung von sehr viel Wasser, welches wir in dünnem Strahl aus ungefähr 10 cm Höhe in den inneren Augenwinkel rinnen lassen, den ganzen Bindehautsack kräftig auswaschen. Auch sofortige sorgfältige und wiederholte Waschung des Bindehautsackes mit 3%iger Borlösung oder 2%iger Natriumbikarbonatlösung wird bei Augenschädigung durch Gelbkreuzkampfstoff empfohlen. Nach der Spülung streicht man alkalische Augensalbe in den Bindehautsack.

Nach rund 20 Minuten ist der Kampfstofftropfen völlig in die Haut eingezogen. Der aufgebrachte Chlorkalk erreicht ihn nicht mehr, kann ihn also auch nicht zerstören.

Bis zu ½ Stunde nach dem Auftreffen des Kampfstoffes vermögen wir einen Teil des Giftes noch mit Tetrachlorkohlenstoff sowie mit Petroleum und seinen Abkömmlingen, also den Betriebsstoffen unserer Verbrennungskraftmaschinen (Benzin, Benzol usw.) aus den obersten Hautschichten herauszuziehen. Wenden wir diese Extraktionsmethode an, so dürfen wir nicht vergessen, daß der Kampfstoff durch diese Mittel nur herausgelangt, aber nicht zerstört wird.

Wir werden deshalb die Tupfer niemals mit ungeschützter Hand anfassen, nur vorsichtig von oben her tupfen — niemals reiben! —, wenigstens 4—5maligen Tupferwechsel während der 10 Minuten dauernden Behandlung vornehmen und die Tupfer sogleich nach Gebrauch durch Verbrennen oder — Tetrachlorkohlenstoff brennt nicht! — durch Vergraben oder Einwerfen in Sodalösungen, Chloraminlösungen oder Chlorkalkbrühe vernichten.

Die Entgiftung der benutzten Schutzhandschuhe, Pinzetten, der Hände selbst durch Eintauchen in Chlorkalkbrühe, Chloraminlösung, darf nicht übersehen werden.

Einfache Seifenwaschung kann auch diese Behandlung abschließen.

Wenn mehr als ½ Stunde seit dem Auftreffen des Kampfstoffes verflossen ist, können wir die Vergiftung nicht mehr aufhalten. Immerhin können wir durch sachgemäße Behandlung die Beschwerden lindern und den Ablauf der Erkrankung etwas beeinflussen.

Der Vergiftete, welcher die Berührung mit dem Gelbkreuzkampfstoff übersah, kommt oft erst, wenn die Erscheinungen sich zeigen. Die beste erste Hilfe besteht dann grundsätzlich, ganz gleichgültig, ob erst Rötung, Schwellung, Brennen oder schon Blasenbildung aufgetreten ist oder gar der geschwürige Wundgrund zutage liegt, immer in feuchter Behandlung.

[1]) Muntsch, Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfgaserkrankungen S. 71 (1932).

Ein in reines Leitungswasser, dem eine dünne desinfizierende Lösung, z. B. Chloramin oder Kaliumpermanganatlösung zugesetzt sein kann, eingetauchter Tupfer wird locker über der geschädigten Hautstelle aufgelegt und höchstens mit einigen wenigen Bindenschlägen festgehalten. Die Luft muß Zutritt haben. Ein Dunstverband darf keinesfalls entstehen.

Salben- und Pastenverbände sind hier fehl am Platze.

Die Eröffnung der Blasen darf wegen der großen Gefahr, Krankheitskeime in die Wunde einzuschleppen, nur durch das ärztliche Personal unter Wahrung völliger Keimfreiheit erfolgen.

Wenn eine Schädigung der Luftwege auszuschließen ist, ist in der Regel Tragen des Gelbkreuzvergifteten nicht nötig; man kann ihn getrost nach der ersten Hilfeleistung allein seines Weges ziehen lassen. Das Bestreben muß immer dahin gehen, ihn möglichst rasch der Sanitätsentgiftungsanstalt zuzuführen, da er dort die sachgemäßeste Hilfe findet und dadurch auch die Gefahr der Verschleppung des Kampfstoffes am leichtesten gebannt wird.

Die weitere ärztliche Behandlung auf der Rettungsstelle und in den Krankenanstalten kann hier nur angedeutet werden. Bei Beteiligung der Luftwege und Lungenerkrankungen greift der Arzt zu Herzmitteln, Sauerstoffzufuhr. Am Auge ist wegen der hornhautlockernden Wirkung Kokain gegenangezeigt. An der Haut kommt zunächst weiter feuchte Behandlung mit desinfizierenden Lösungen in Frage, erst in der Ausheilung Salben- und Pastenbehandlung. Sehr zu empfehlen ist die Reizkörpertherapie. Ausführliches siehe Büscher[1]) und vor allem Muntsch[2]).

e) Sonstige schädliche Stoffe

Als sonstige schädliche Stoffe seien die Blausäure und Bromzyan genannt; erstere nicht so sehr wegen ihrer recht geringen Verwendbarkeit als Kampfstoff als vielmehr wegen ihres möglichen Auftretens in Brandgasen (Zelluloid-, Filmbrände) und in Sprenggasen.

Zyanwasserstoff ist ein außerordentlich starkes Gift, welches ohne Schädigung der Lungen durch Lähmung der Zellatmung rasch Erstickung herbeiführt (Flury-Zernik)[3]). Schwindel, Schwäche, Übelkeit, Bewußtseinsverlust, schnell einsetzende Atemnot bei oft rosigem Aussehen (reichlicher Sauerstoffgehalt des Blutes!), Bittermandelgeruch, kennzeichnen das Bild der Vergiftung. Schlagartiger Bewußtlosigkeit kann sofortiger Tod folgen.

[1]) Büscher, Giftgas! und wir? 2. Aufl. (1937); Grün- und Gelbkreuz (1932).

[2]) Muntsch, Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfgaserkrankungen S. 63.

[3]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 400.

Bromzyan entwickelt außer dieser typischen Wirkung noch starke Reizwirkung auf Augen und Rachen.

Wegen der schnellen Wirkung erfordert die erste Hilfe rascheste Bergung aus der Giftgasatmosphäre und sofortige Einleitung von künstlicher Atmung und Sauerstoffzufuhr, eventuell unter Kohlensäurezusatz. Herz- und Atemtätigkeit werden durch Lobelin- und Koffeininjektion angeregt. Ist der Vergiftete bei Bewußtsein, reicht man starken Kaffee.

Der Arzt wird u. a. Natriumthiosulfat intravenös (Strümpell) oder Natriumtetrathionat, das nach Chistoni und Foresti (zit. bei Zernik)[1]) wirksamer sein soll, versuchen.

6. Erste Hilfe bei Vergiftung durch Brand- und Explosionsgase (Kohlenoxyd, nitrose Gase) und Kohlensäure

Schließlich sind noch einige Gase zu erwähnen, die nicht als Kampfstoffe in Frage kommen, aber im Verlauf eines Luftangriffs ihre schädliche Wirkung entfalten können.

Aus zerstörten Gasleitungen und Heizanlagen ausgetretenes oder bei Detonation in die Erde eingedrungener Bomben in die umliegenden Räume gewandertes Kohlenoxyd führt durch Verdrängung des Sauerstoffs aus dem Blut zur Erstickung ohne Schädigung der Lunge. Die ersten Erscheinungen sind deshalb zentral bedingt: Übelkeit, Benommenheit, Mattigkeit, rasche Bewußtlosigkeit. Oft tritt ein Stadium der Verwirrung und rauschartiger Zustände auf. Das Krankheitsbild ist sehr wechselvoll und ungleichartig (Muntsch)[2]). Der Tod kann sehr schnell eintreten.

Zusammentreffen von Kohlenoxyd- und Blausäurevergiftung steigert die Wirkung (Hofer, zit. bei Muntsch)[2]).

Die erste Hilfe erfordert in giftfreier Atmosphäre künstliche Atmung, Zufuhr von Sauerstoff mit Kohlensäurezusatz, sowie Lobelininjektion. Die Anwendung des Pulmotors ist gerade hier von großem Vorteil. Über weitere ärztliche Behandlung siehe Flury-Zernik[3]), Muntsch[2]) und andere.

Der aus Gruben- und Kanalgasen bekannte Schwefelwasserstoff, welcher besonders in den Explosionsgasen tief in die Erde eingedrungener, also unter Luftabschluß detonierender, mit Schwarzpulver gefüllter Bomben angetroffen wird, wirkt schwach reizend (stärker auf Hornhaut der Augen!), vor allem aber als schweres Nervengift. Die Erscheinungen sind ähnlich den bei Kohlenoxydvergiftung beschriebenen.

[1]) Zernik, Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der schädlichen Gase und Dämpfe S. 231 (1933).

[2]) Muntsch, Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfgaserkrankungen S. 79, 80 und 83 (1932).

[3]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 221.

Auch hier kann es zu schlagartigem bewußtlosem Zusammenbrechen kommen.

Die erste Hilfe besteht in sofortiger künstlicher Atmung und Sauerstoffzufuhr, möglichst unter Kohlensäurezusatz. Der Arzt hebt Atmung und Kreislauf durch Injektion von Cardiazol, Koffein, Kampfer usw.

Haben sich bei der Explosion gefährliche Mengen nitroser Gase gebildet, kommt es infolge ihrer Reizwirkung auf die Atemwege, besonders auf die Lungen, zuerst zu starkem Husten und oft erst — wie bei der Grünkreuzvergiftung — nach Verlauf einer mehrstündigen Zeitspanne trügerischen Wohlbefindens zum tödlichen Lungenödem. Die Erscheinungsbilder sind sehr verschiedenartig je nach dem Überwiegen der Kohlenoxyd- oder Nitrosegasewirkung.

Kombinierte Vergiftungen von Nitrosegasen und Kohlenoxyd vervielfachen die Wirkung (W. Wirth, zit. bei Muntsch)[1]).

Die erste Hilfe entspricht (wegen der Lungenschädigung!) völlig den bei Grünkreuzkampfstoffvergiftung geübten Maßnahmen: Ruhe, Wärme, Sauerstoffzufuhr. Keine künstliche Atmung! Der Arzt wird u. a. einen kräftigen Aderlaß mit nachfolgender intravenöser Injektion von 20—100 ccm 10—20%iger Glukoselösung ausführen (Flury-Zernik)[2]).

Schwerere Schädigung durch Kohlensäureanhäufung ist bei ungünstiger Luftversorgung oder Überbelegung von Schutzräumen nicht völlig auszuschließen. Bei langsamem Anstieg der Konzentration paßt sich der Körper weitgehend an, so daß selbst ein Gehalt von 8% CO_2 in der Luft noch ohne schweren Schaden vertragen wird (Winterstein, zit. bei Flury-Zernik)[2]). Bei schneller, unvermittelter Einwirkung tritt indes von 8% an hochgradige Atemnot auf, der rasch Bewußtlosigkeit und Tod folgen. Die Luftwege werden nicht geschädigt.

Künstliche Atmung und Sauerstoffzufuhr sind daher die erste Hilfe für den in reine Luft Verbrachten. In leichteren Fällen erwacht der Verunglückte unter dieser Behandlung in wenigen Minuten. In schwersten Fällen empfiehlt sich Vornahme des Aderlasses durch den Arzt mit nachfolgender Kochsalzinfusion (Flury-Zernik)[2]).

7. Erster Transport

Gerade unter den Verhältnissen eines Luftangriffs mit chemischen Kampfstoffen, aber auch in anderen Fällen wird die erste Hilfe für den Verunglückten vielfach der möglichst rasche und schonende Transport einmal aus dem Gefahrenbereich heraus und dann in ärztliche Behandlung sein. Im allgemeinen handelt es sich dabei um den kurzen

[1]) Muntsch, Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfgaserkrankungen S. 83 (1932).

[2]) Flury-Zernik, Schädliche Gase S. 163 und 221.

Weg vom Unfallsort zum nächsten Schutzraum oder der nächsten Rettungsstelle; spätestens hier übernimmt der Luftschutzsanitätsdienst die weitere Betreuung des Verletzten.

Bei genügender Körperkraft kann ein Helfer allein den Verletzten unter Umständen tragen (huckepack oder vor der Brust). Besser geht es schon bei zwei Helfern, am vorteilhaftesten dann auf dem Dreihändesitz (Hans)[1].

Der Transport ohne Trage ermüdet den Träger aber rasch, die Stützung verletzter Glieder ist schlecht (Abb. 58, 59). Ferner wird, vor allem beim Tragen vor der Brust oder huckepack, der Träger infolge der unvermeidlichen Berührung durch gelbkreuzbehaftete Verletzte stark gefährdet.

Beim Fehlen einer Trage sucht man sich deshalb Behelfstragen zurechtzumachen.

Eine Behelfstrage nach Art der alten Kavallerie-Lanzentrage (Hornemann)[2] kann man sich leicht herstellen aus zwei kräftigen, genügend langen (2,50 m) Stangen und einer etwa 1,80 m breiten und mindestens 2 m langen Wolldecke, wie sie Blau und neuerdings Hans empfehlen. Die Anschaffungskosten sind minimal, die Bereitstellung ist denkbar einfach. Über die am Boden ausgebreitete Wolldecke werden die beiden Stangen mit einem Zwischenraum von zirka 60 cm gelegt und die freien äußeren Enden der Decke über ihnen zusammengeschlagen, so daß die Wolldecke in dreifacher Schicht als Lager dient. Das darauf ruhende Gewicht des zu Tragenden und der Reibungswiderstand der Wolle verhindern ein Verrutschen oder Lösen. Die guten Erfahrungen von Hans kann ich nur bestätigen. Für den Transport unruhiger Kranker scheint mir die Trage freilich nicht geeignet.

Aus Leinentüchern, Mänteln, Röcken usw. und Stangen lassen sich verhältnismäßig brauchbare Behelfstragen herstellen.

Leitern, Tischplatten, Plättbretter, Türen, in manchen Fällen auch Stühle, kommen in Frage. Genügende Polsterung durch Kleidungsstücke, Decken usw. darf nicht vergessen werden (Abb. 60).

Die nach Hornemanns[2] Vorschlag anzufertigenden weniger einfachen Behelfstragen werden bei der ersten Hilfe meist nicht zur Hand sein. Ihre Herstellung erfordert Zeit und Gerät, ihre Aufbewahrung Platz. Für die erste Hilfe im Luftschutz ist die einfachste Behelfstrage auch die beste.

Das von Hans[3] empfohlene Tragen zu vieren hat sicher Vorzüge

[1] Hans, Der erste Krankentransport im Luft- und Gasschutz. Med. Welt S. 1583 (1933).

[2] Hornemann, Behelfsmäßige Transportmittel im Sanitätsdienst des zivilen Luftschutzes. Gasschutz und Luftschutz 3, 232 (1933).

[3] Hans, Gegen Fehldogmen in der Samariterlehre. Med. Welt S. 806 (siehe auch Med. Welt S. 1585 (1933)).

gegenüber dem Tragen zu zweien. Es wird gewöhnlich aber am Mangel der nötigen Träger scheitern.

Die Handkarren von Händlern und Gewerbetreibenden geben unter Umständen (für Einzeltransporte) recht brauchbare Fahrbahren

Abb. 58. Tragen eines Verletzten durch 3 Helfer (Beinverletzung)

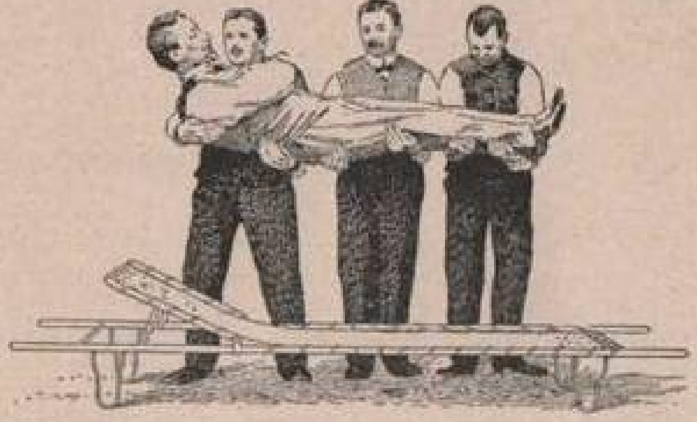


Abb. 59. Tragen eines Verletzten durch 3 Helfer (Armverletzung)
v. Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen. Verlag C. F. W. Vogel. Berlin 1931

ab, besonders dann, wenn sie mit einer kräftigen Strohschüttung gepolstert werden (Hornemann[1]).

[1] Vgl. Anm. 2 S. 226.

Die Lagerung des Verunglückten richtet sich nach der Art der Verletzung.

Bei blasser Ohnmacht, Gehirnerschütterung, Wundschock, Rückgratverletzung, Beckenbruch, Beinverletzung ist flache Lagerung angezeigt; bei Wirbelsäulenverletzung ist der Verunglückte am besten auf einem Brett zu tragen, von den Seiten her muß gut unterpolstert werden.

Schädelbrüche, Bewußtlose mit Blutandrang zum Kopf („rote" Ohnmacht [Hans][1])) lagert man mit erhöhtem Kopf.

Abb. 60. Stuhl als Behelfstrage

v. Esmarch-Kimmle, Die erste Hilfe bei plötzlichen Unglücksfällen. Verlag F. C. W. Vogel, Berlin 1931

Brustverletzte liegen meist bequemer mit etwas erhöhtem Oberkörper.

Verunglückte mit Rippenbrüchen werden zur Vermeidung von Atembehinderung auf die verletzte Seite gelagert, welche sie zum Atmen doch nicht ausnützen.

Für Bauchverletzte ist die schonendste Lage die mit leicht-erhöhtem Oberkörper und etwas angezogenen Beinen (kräftiges Polster unter die Knie legen).

Bei Brüchen ist immer Bedacht auf die nötige Stützung zu nehmen, Arm an die Brust, gesundes Bein an das andere Bein! Das Anlegen einer anderen als dieser „natürlichen" Schiene erscheint mir bei der ersten Hilfe nur angezeigt, wenn beide Beine gebrochen oder doch so verletzt sind (Gelenkverletzung), daß sie beide der Stützung bedürfen und keines dem anderen als Stütze dienen kann. In allen anderen Fällen ist das Anlegen von künstlichen Schienen eine unnötige Kraft- und Zeitvergeudung!

Bei Blutung aus Mund und Nase dreht man wegen der Gefahr des „Verschluckens" den Kopf seitwärts, ebenso bei Erbrechen.

Gasvergiftete werden nach Wunsch bequem gelagert; es kommt nicht darauf an, daß der Kopf völlig flach liegt, aber darauf, daß der Betreffende vollständig ruhig liegt! Bei Gasvergifteten ist ganz allgemein möglichst reichliche Versorgung mit Frischluft anzustreben durch Lagerung nicht zu eng nebeneinander und Sorge für ungehinderten Luftzutritt auch während des Transports. Kalte Witterung

[1]) Hans, Gegen Fehldogmen in der Samariterlehre. Med. Welt S. 806 (1933).

erfordert aber Schließen der Fenster um Abkühlung zu vermeiden. Im kampfstoffgefährdeten Gebiet muß selbstverständlich immer dichter Abschluß hergestellt werden.

Allgemein gilt für den Transport treppauf, daß der Kopf vorangenommen wird, treppab die Beine. Es bleibt also immer der Kopf etwas höher. Nur bei Beinbrüchen (Oberschenkelbruch) kann Tragen mit den Beinen voran, also die Beine etwas erhöht, angezeigt sein.

Die weitere Betreuung der durch Luftangriffe Verletzten wird durch den Luftschutz-Sanitätsdienst wahrgenommen.

VII. Der bauliche Luftschutz

Von Oberregierungsbaurat Dr.-Ing. habil. **Hanns Frommhold**

A. Einleitung

Alle Abschnitte der Menschheitsgeschichte berichten in endloser Kette von kriegerischen Auseinandersetzungen, von Angriff und Verteidigung, von dem uralten Wettstreit zwischen Waffe und Schild. Fast immer war das Bauwesen an den Schutzmaßnahmen maßgebend beteiligt, bestanden bedeutsame Wechselbeziehungen zwischen ihm und der Kriegskunst. Seit grauen Vortagen hat der Baufachmann die Kriegsführung durch den Festungsbau unterstützt, nahm in weiten Zeiträumen die Waffentechnik Einfluß auf Lage, Gestalt und Aufbau der Ortschaften, der Burgen, Gotteshäuser und Wohnbauten.

Mit vollem Recht ist die Entwicklung der Luftwaffe, deren Zeuge unsere Generation ist, verglichen worden mit jener der Pulverwaffe. Als es um 1375 gelang, die Mauern der Burgen und Städte mit Kugeln zu zerstören, als der Angriff aus der Ferne den aus der Nähe ablöste, stand die Vormachtstellung der Pulverwaffe allen anderen Waffenarten gegenüber fest. Die Kriegsführung änderte sich von Grund auf und mit ihr nicht nur das Heerwesen, sondern darüber hinaus das Kulturleben der Völker und insbesondere das Gesicht der Städte. Tastend und behelfsmäßig zuerst, aber mit Geschick und Eifer, stellte sich die Abwehr, die Befestigungskunst und auch der Städtebau um. Bald wurden wirkungsvolle bauliche Maßnahmen auch diesen veränderten Verhältnissen gegenüber erkannt und durchgeführt. Die gleiche Wandlung durchleben wir, seitdem, im Weltkriege beginnend, „zu der horizontalen Kriegsführung die vertikale getreten ist, die tief in das Hinterland des Gegners reicht und den Kampf der Fronten auf die Heimat überträgt“, seitdem feststeht, daß „in Zukunft die Luftgefahr aus dem Leben der Völker nicht mehr wegzudenken sein wird“ und „damit der Luftschutz zu einem wichtigen und unentbehrlichen Glied der Luftverteidigung“ (1) wurde. Die gleiche Entwicklung zeichnet sich ab, seitdem das Heimatgebiet nicht mehr wie in vergangenen Jahrhunderten abseits der kriegerischen

Geschehnisse, sondern im Bereich des langen Armes der Luftwaffe liegt, seitdem die Motorisierung und Mechanisierung der Wehrkraft, der gesteigerte Munitionsbedarf, die Selbstversorgung mit den meisten Bedarfsgütern, die gesamte Wirtschaft und jede zivile Arbeitskraft einbindet in die Erzeugung und Versorgung, in die Sicherung des Nachschubs. Die Erkenntnis, daß hierdurch die Heimat entscheidenden Einfluß auf Sieg und Niederlage hat, da der Waffenerfolg stärkstens abhängig ist von ihrer Arbeitsfähigkeit, entschied über die zu treffenden Luftschutzmaßnahmen. Sehr bald zeigte sich, daß innerhalb dieser riesenhaften Aufgabe wiederum dem Bauwesen ein Großteil zufällt. Der bauliche Luftschutz entstand, stärkstens gefördert von vorausschauenden Fachleuten der verschiedensten Sparten, die sich zu dem Wort bekannten: „Die Zeit liegt nicht zu fern, in der der Schutz gegen die Bomben des Angreifers eine viel wichtigere Forderung sein wird als manche andere Fragen, die heute das Bauwesen bewegen“ (2).

In kaum mehr als einem Jahrzehnt hat der bauliche Luftschutz seine Abwehrmaßnahmen ebenso beispiellos entwickelt wie die Luftwaffe ihre Maschinen, Waffen, Angriffsmethoden. Er hat in kürzester Frist umfassende theoretische Grundlagen für zweckvollen Schutz geschaffen und die praktische Durchführung vorangetrieben. Ein neues vielgestaltiges Wissensgebiet wurde in schnellstem Zeitmaß aufgebaut. Die Grundsätze aller jener Lösungen entstanden oder wurden vorbereitet, die notwendig sind, um die Baukunst den kriegstechnischen Forderungen der Neuzeit anzupassen. Der bauliche Luftschutz nahm Einfluß auf Raumordnung, Städtebau und Siedlungswesen, auf Industrieplanung und Hauskonstruktion, er schuf die Grundsätze des Luftschutzraumbaues, der Tarnung und Verdunklung. Eine revolutionäre Umstellung des Gesamtbauwesens wurde eingeleitet, die tief eingreifend das Gesicht unserer Städte formen, den Standort und Aufbau der Wirtschaft, die Bauarten und die Werkstoffverwendung bestimmen wird. Das Ziel ist ein Großdeutschland mit lufthärten Industrien, Verkehrsanlagen, Städten. Durch Gesetz, Durchführungsverordnungen, Erlasse usw. wurden die amtlichen Voraussetzungen hierfür geschaffen und die bestehenden Bauvorschriften, die bis dahin ausschließlich die Ansprüche der Stand- und Feuersicherheit, der Hygiene und des Verkehrs achteten, entsprechend ergänzt und erweitert. Der große Krieg der Gegenwart ist nicht nur harter Prüfstein für die in dem vorhergegangenen Dezenium erarbeitete Theorie und Praxis des baulichen Luftschutzes, sondern auch stärkster Antrieb und Richtungsweiser für die Weiterentwicklung. Die Erfahrungen des Krieges haben die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges bestätigt, sie haben ebenso die Notwendigkeit bewiesen, die Anstrengungen zu verstärken. Klarer als es in Friedenszeiten auf Grund von Annahmen, Überlegungen, Teilversuchen und Erprobungen möglich war, hat der Ernstfall erkennen

lassen, welche Grundsätze des baulichen Luftschutzes als bleibende Werte angenommen werden können und welche jeweils weiterhin den Fortschritten der Bombenwaffe angepaßt werden müssen. Darin liegt eine der Hauptschwierigkeiten der Aufgabe: Die Baukunst schafft ihre Werke im Durchschnitt für mehr als ein Jahrhundert, die Waffentechnik aber kann sich, wie es gerade das Beispiel der Luftwaffe erhärtet, in wenigen Jahren grundlegend ändern. Den Architekten und Ingenieuren liegt es daher ob, die mögliche Entwicklung, soweit es geht, vorauszuahnen und zu versuchen, ihre Bauanlagen so zu gestalten, daß sie auch in fernerer Zukunft der ihnen zugeteilten Schutzaufgabe gerecht werden können. Diese Verantwortung wiegt um so schwerer, da die Größe des Gesamtproblems beinahe astronomische Aufwendungen an Arbeit und Werkstoffen verlangt und damit einen umfangreichen Teil des Volksvermögens festlegt.

Kein Bauschaffender kann heute und in Zukunft an den Fragen des baulichen Luftschutzes vorübergehen. Jeder hat die Pflicht, sich ständig den neuesten Stand des Wissens dieses Fachgebietes zu eigen zu machen, bei seinen Werken zu berücksichtigen und tätig an der Weiterentwicklung mitzuarbeiten. Das gilt für alle Sparten des Bauwesens gleichermaßen, sie alle durchzieht — wie dies treffend in der Organisation der Fachgruppe Bauwesen im NS.-Bund Deutscher Technik zum Ausdruck kommt — der „Arbeitsring Luftschutz". Eins steht fest: Das Ende des Krieges bringt kein Nachlassen der baulichen Luftschutzbestrebungen, sondern in weitem Umfange durch das Freiwerden von Kräften, durch das Anlaufen gigantischer Bauaufgaben erst ihren wahrhaften Beginn. Für den Wohnungsbau nach dem Kriege hat der Führer bereits befohlen:

> „Die aus dem Luftkrieg gewonnenen Erfahrungen sind bei der Standortwahl der Wohnstätten, bei der Bebauungsdichte, bei der Konstruktion des Hauses und bei der Anlage von Luftschutzräumen zu berücksichtigen" (3).

Noch sind die Dinge des baulichen Luftschutzes im Fluß, die heute geltenden Grundsätze nicht starr und endgültig. Demzufolge kann auch die nachstehende Zusammenstellung nur ein Rahmen sein, dessen Einzelteile je nach dem Weiterschreiten der Entwicklung auszuwechseln sein werden. Die Hinweise auf die behördlichen Anweisungen und das reiche Fachschrifttum geben die Möglichkeit, sich in die Materie zu vertiefen; sie entheben aber nicht von der Verpflichtung, laufend die Literatur und die amtlichen Verlautbarungen weiter zu verfolgen. Nur dann ist es möglich, das Ziel zu erreichen, das die neue verpflichtende Aufgabe allen Beteiligten vorschreibt: mit den Mitteln des Friedens Schutz zu schaffen gegen die Waffen des Krieges!

B. Baulicher Luftschutz in Raumordnung, Reichs- u. Landesplanung

In dem abgelaufenen Zeitalter liberalistischer Prägung blieben die bevölkerungspolitischen, wirtschaftlichen, siedlungs- und verkehrstechnischen Aufgaben einer Entwicklung überlassen, die sich fast ausschließlich nach den Ansprüchen einzelner Volksschichten oder Wirtschaftszweige richtete, nicht aber dem Volksganzen diente. Für die bedeutungsvolle Standortwahl der Erzeugungsstätten gaben Rohstoffversorgung und -vorkommen, das Vorhandensein von Kraftquellen und Arbeitskräften, die leichte Eingliederung in bestehende Produktionen allein den Ausschlag. So kam es zur Großstadtbildung und Landflucht. 1875 wohnte 6% der deutschen Bevölkerung in Großstädten, 1900 sind es 16%, 1933 bereits 30%. So entstand ferner der bedenkliche Zustand, daß die für die Kriegswirtschaft ausschlaggebenden Industrien in gefahrdrohender Nähe der Grenzen gedrängt aufgebaut wurden. Das demokratische Regime vermochte weder Industrie, Technik und Verkehr zu lenken, noch die Menschenhäufungen zu entwirren, den Bevölkerungszuwachs zu leiten (Abb. 61).

Die nationalsozialistische Regierung ging auch an die Lösung dieser Aufgabe mit Schnelligkeit, Tatkraft und Weitblick. Sie beendete die verderbliche Freizügigkeit und befahl die einheitliche und übergeordnete „schöpferische Gestaltung des Lebensraumes unseres Volkes nach dem von der politischen Führung gesetzten Ziel. Der Staat selbst übernimmt die Ordnung der deutschen Raumverhältnisse. Die Reichs- und Landesplanung will nicht nur Schäden ausgleichen, sondern ebenso dafür sorgen, daß sich neue nicht entwickeln können" (4).

Einer der Programmpunkte der Raumordnung ist die Forderung nach höchstgesteigerter Abwehrbereitschaft des deutschen Raumes. „Die Raumausnutzung eines Staatsgebietes, besonders in übervölkerten Ländern, kann nicht Sache des Einzelnen sein, sondern muß der Staatsführung unterliegen. Es gehört daher auch zu den Aufgaben der modernen Wehrpolitik, die Raumordnung als wichtigsten Faktor einzusetzen" (5). Alle Erkenntnisse neuzeitlicher Kriegsführung müssen berücksichtigt werden. In diese reiht sich auch der Luftschutz mit Nachdruck ein.

Um das Ziel geminderter Luftempfindlichkeit zu erreichen, ist es nötig, die Menschen-, Industrie- und Verkehrsballungen zu beseitigen, die Wirtschaft zu ordnen, die Großstädte luftschutztechnisch zu gesunden, die Bevölkerung nach neuen Gesichtspunkten zu verteilen und unterzubringen. Beim Durcharbeiten dieses Problems zeigt sich, daß Raumordnung und Luftschutz insbesondere in ihrer wichtigsten These

völlig gleichlaufend arbeiten. Beide erstreben weitgehende Auflockerung. „Wenn man überhaupt einen allgemeinen Grundsatz für die Planung im Deutschen Reich aufstellen will, dann wird man vielleicht den der Dezentralisation in den Vordergrund stellen können" (4).

„Die deutsche Planung löst den planmäßigen Einsatz der staatlichen Rechts-, Macht- und Finanzmittel aus. Indem die autoritäre Staatsführung die Raumplanung zu ihrem Aufbauprogramm erhebt, ist die Verwirklichung sichergestellt" (6).

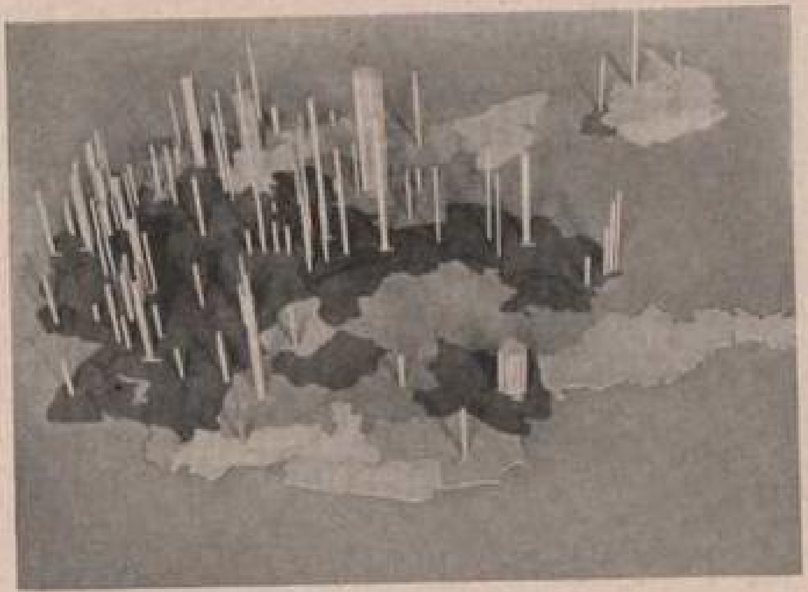


Abb. 61. Das „Bevölkerungsgebirge" Deutschlands vor Kriegsbeginn. Beachte die ungleichmäßige Verteilung der Menschen, die Ballungen im Ruhrgebiet und in Sachsen, die hochragenden Türme der Großstädte

C. Baulicher Luftschutz in Städtebau und Siedlungswesen

1. Die neue Stadt

„Aus den Erfahrungen des Luftkrieges haben sich Lehren ergeben, die dazu zwingen, bei der Planung neuer Stadtanlagen ebenso wie für die Umgestaltung bestehender Städte einschneidende Forderungen aufzustellen, die nicht ernst genug genommen werden können" (7). 200 Jahre lang sind in Deutschland keine Stadtgründungen mehr erfolgt. Etwa

durchgeführte städtebauliche Maßnahmen waren ausschließlich Teillösungen im Rahmen oder Bereich vorhandener Orte. Erst in unseren Tagen erleben wir wieder die Geburt neuer Städte. Siedlungsmaßnahmen noch nicht dagewesenen Umfanges werden vorbereitet. „Die Städte der Zukunft werden ein anderes Gepräge tragen. Sie werden wie die einzelnen Bauten aus dem Geist der neuen Zeit gestaltet werden. Diese neuen Städte einer neuen Weltanschauung werden der sichtbarste und dauerndste Ausdruck eines neuen Gemeinschaftswillens sein. Ihr Plan, ihre Gebäude, ihre Straßen und Plätze werden dem neuen Lebenswillen, dem Rhythmus der Arbeit und der neuen Gemeinschaft zu dienen haben und zwar in anderer Weise als es die chaotisch gewachsenen Häuseransammlungen unserer heutigen Großstädte tun können" (8). Die neue Stadt wird kein Zufallsergebnis mehr sein. Ihre Platzwahl muß gleichzeitig erfolgen mit der Standortbestimmung der Industrie, denn beide Probleme sind untrennbar miteinander verbunden. In der neuen Stadt müssen alle sozialen, hygienischen und verkehrstechnischen Fragen beachtet und in größtmöglichem Umfange gelöst sein; darüber hinaus muß sie ihre Bewohner nicht nur schützen vor den Fehlern der demokratischen Stadt, sondern in ebenso starkem Umfange vor den Auswirkungen des Luftkrieges.

Der **Organismus** der Stadt setzt sich zusammen aus Zellen beschränkter Größe, die durch Park- und Sportanlagen, Erholungs- und Gartenflächen, besonders breite Straßen usw. voneinander getrennt sind. Das **Freiflächennetz**, das lückenlos die Stadt durchzieht und alle Teile sowohl miteinander wie mit den außerhalb des Stadtgebietes liegenden Erholungsstätten und Landwirtschaftsgebieten verbindet, wird weiterhin ausgeweitet durch Gärten der Eigenhäuser und Mietwohnungen. Dieses grüne Adernsystem schafft im Verein mit breiten Straßen nicht nur die erstrebte Auflockerung, sondern gleichzeitig Brandschneisen, die ebenso wirkungsvoll das Ausbreiten von Bränden verhüten wie ihre Bekämpfung erleichtern (Abb. 62).

Das **Verkehrsnetz** trennt die Stadtteile nicht, sondern verbindet sie. Die **Hauptverkehrsstraßen** führen an den Bauflächen vorbei; die Durchgangsstraßen umfahren die Siedlungen. Einer Versperrung dieser wichtigen Linien durch Bautrümmer ist vorgebeugt. Bei den im Stadtgebiet liegenden wichtigen Straßenzügen wird das gleiche durch entsprechende Breite erreicht; sie bleiben auch dann noch befahrbar, wenn die beiderseitige Randbebauung einstürzen sollte. **Bahnhöfe** sind angriffswürdige Ziele. Daher nicht nur Abkehr vom Zentralbahnhof, dessen Beschädigung den gesamten Verkehr lahmlegen oder empfindlich stören kann, sondern auch Vermeiden der Häufung mehrerer Bahnhöfe des Personen- und Güterverkehrs auf engem Raum. Anzustreben ist die Verteilung von Bahnhöfen kleineren Leistungsvermögens auf die gesamte Stadtfläche, die Anordnung der Abstellbahnhöfe außerhalb

der bebauten Zonen, die Anlage von breiten Freiflächen um jeden Bahnhof, damit verhütet wird, daß sich ihm geltende Angriffe auf die benachbarten Baugebiete auswirken.

Wohn- und Gewerbegebiete sind aus dem gleichen Grunde getrennt.

Für die Wohnviertel ist bedeutungsvoll, daß die Bevölkerungsdichte möglichst niedrig gehalten wird. Alle diese Maßnahmen verbürgen, daß jede bedenkliche Menschenhäufung unterbunden und der Schutz gegen die Wirkung von Luftangriffsmitteln höchstmöglich gesteigert wird.

Abb. 62. Stadt für 20000 Einwohner. Entwurf von Großer und Schürmann

Die kriegswichtigen und daher besonders luftgefährdeten Gewerbegebiete sind nicht nur durch bebauungsfreie Schutzabstände von den Wohnvierteln abgesetzt, sondern in ihrer Größe beschränkt und in sich weitgehend aufgelockert. In größeren Städten mit ausgedehnter gewerblicher Entwicklung sind mehrere solche Gewerbegebiete in verschiedenen Stadtteilen anzulegen. Dadurch wird gleichzeitig erreicht, daß die heute so zeitraubenden An- und Abmarschwege von der Wohn- zur Arbeitsstätte klein bleiben.

Besonders sorgsam ist der Standort derjenigen Anlagen und Betriebe zu wählen, die der Landesverteidigung und der Versorgung der Stadt mit Gas, Trink- und Feuerlöschwasser, Elektrizität

dienen. Bei letzteren heißt der Grundsatz in Übereinstimmung mit den Prinzipien jeder Luftschutzplanung: Nicht eine einzige große Erzeugungsstätte, sondern in verschiedenen Stadtgegenden mehrere kleine, die untereinander verbunden sind, damit beim Ausfall eines Werkes die übrigen den Verlust decken und die Lieferung übernehmen können.

Luftschutztechnisch bedenkliche Häufungen sind ebenfalls in den Geschäftsgebieten zu vermeiden, die demzufolge keine Zusammendrängung aller Geschäfts- und Bürohäuser, öffentlichen Gebäude, Vorratslager zeigen, sondern mehrere kleine Viertel bilden. In ihnen kann eine größere Ausnutzung der Baugrundstücke sowohl in der Fläche wie in der Höhe zugestanden werden. Zwischen kleinen Bauten im Blockinnern und der äußeren Randbebauung sind genügend große Abstände vorzusehen und die inneren mit den äußeren Freiflächen zu verbinden. Dadurch wird die Verdämmungswirkung von Sprengbomben ebenso herabgesetzt wie die Gefahr der Brandausweitung. Die gute Durchlüftbarkeit, die einwandfreie Besonnung und Zugänglichkeit der Gebäude ist gesichert.

Die Gesundheitsanlagen, Krankenhäuser, Lazarette, Heil- und Pflegeanstalten liegen nicht mehr im Lärm, Rauch, Ruß der Innenstadt, sondern in einem mit guten Verkehrsverbindungen versehenen Vorfeld des Ortes in Ruhe, Licht und Sonne. Die Kranken sind damit auch den Störungen und Gefahren von Luftangriffen bestens entrückt (9, 10).

2. Gesundung und Erweiterung alter Städte

Das immer wieder herausgestellte Ziel, Ballungen zu vermeiden, hat die Einstellung des Luftschutzfachmannes zur Großstadt von Anbeginn seiner Arbeit festgelegt. „Der neuzeitliche Krieg ist das Todesurteil der Nation in ihrer heutigen Form" (2), „der Grad der Zerstörung einer Stadt ist proportional der Dichtigkeit der Bebauung" (11), „das souveräne Volk führt heute Krieg und seine Moral muß getroffen werden. Große Städte sind Mittelpunkt des souveränen Volkes. Man zertrümmere daher die Städte und man zertrümmert den Willen zum Krieg (12)." „Die Bomben des modernen Luftkrieges treffen die großen Flächenstädte des 19. Jahrhunderts in ihrem innersten Wesen" (6). — Das sind einige charakteristische Urteile über das Problem, sie enthalten schon die Hauptgedanken zum Thema Gesundung und Erweiterung alter Städte.

Die Großstadt von heute kann jedoch, bedingt durch die Entwicklung, durch örtliche, technische und organisatorische Gegebenheiten, nicht völlig entbehrt werden. Sie weist auch eine Reihe von Vorzügen auf, die kleine Orte nicht bieten können; ganz abgesehen davon, daß es nur in verschwindenden Ausnahmen möglich ist, bestehende Städte in ihren schlechten Teilen insgesamt abzureißen und an gleicher oder anderer Stelle wieder aufzubauen. Meinungsgleichheit herrscht darüber,

daß ihre Gesundung durchgeführt und ihrem Wachstum in der bisherigen Form vorgebeugt werden muß. Die Forderung an die heutige Großstadt heißt nicht Auflösung, sondern „Umwandlung in eine neue Stadtform, welche die Nachteile der alten Stadt vermeidet, ihre Vorteile aber beibehält" (2). Den einzuschlagenden Weg zeigen die für die neue Stadt aufgestellten, im vorigen Abschnitt dargelegten Grundsätze; ihnen gilt es möglichst nahe zu kommen. Da jede Stadt ein lebender Organismus ist, wird sich dies Ziel erreichen lassen, wenn bei der Gesamt- wie bei jeder Einzelplanung die Luftschutzansprüche eingebunden

Abb. 63. Stadtgesundung

und berücksichtigt werden. Die Großstadt wird auch luftschutztechnisch an Bedenklichkeit verlieren, wenn sie — wie dies seit der Machtübernahme in immer steigenderem Maße geschieht — ihre Elendviertel durch Gesamt- oder Teilabriß und Neugestaltung saniert, durch Entfernen der Innenblockbebauung und Schaffen von Baulücken überbaute Blöcke entleert (Abb. 63), wenn sie die Straßen verbreitert, das Grünflächennetz ausweitet und verbindet (Abb. 64) und damit insgesamt die Bebauungs- und Bevölkerungsdichte herabsetzt (Abb. 65). Werden ferner gewisse Industrien abgegeben, die verbleibenden vernunftgemäß begrenzt in den Stadtorganismus eingegliedert, die Bauten der Volkswohlfahrt und Volksgesundheit aus dem Stadtinnern an den Stadtrand verlegt — dann entstehen auch aus unseren heutigen Großstädten lufthart Plätze.

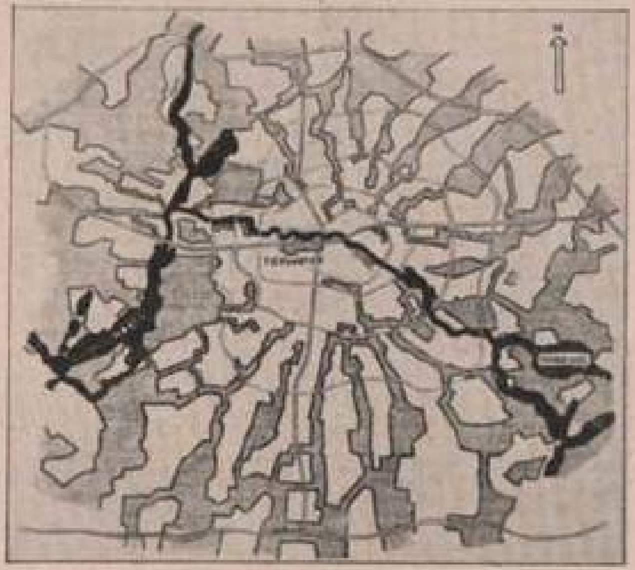


Abb. 64. Der Grünflächenplan für die Reichshauptstadt. Entwurf des Generalbauinspektors. Die schraffierten Flächen zeigen die Grünstreifen, die radial in den Stadtkern vorstoßen werden

Abb. 65. Städtische und ländliche Siedlung

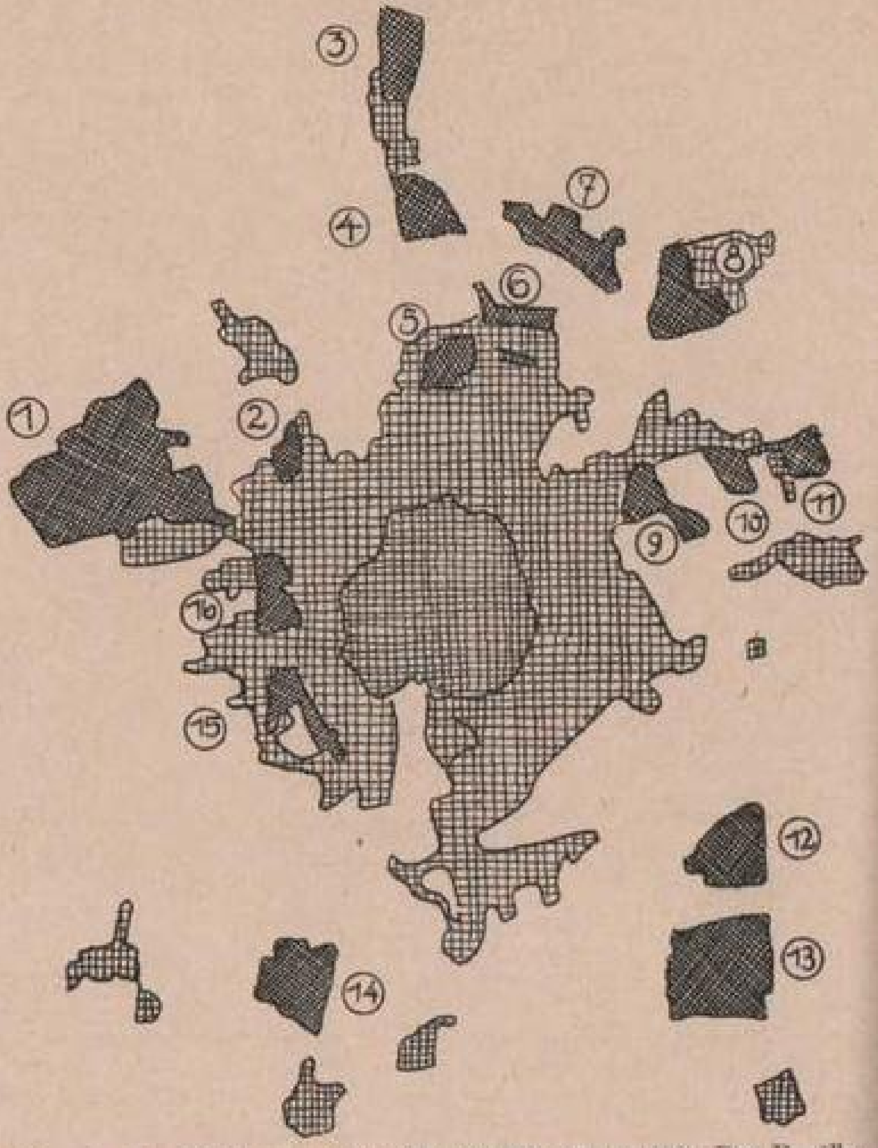


Abb. 66. Der Wohnungsbau in Braunschweig nach 1933. Der Bevölkerungszuwachs ist in Siedlungen untergebracht, die wie Trabanten die alte Stadt umgeben. 1 = Siedlung Lehndorf, 2 = Volkswohnungen Cellerstraße, 3 = SA.-Siedlung, 4 = Siedlung Vorwerk, 5 = Donnerburgsiedlung, 6 = Eigenheime Siegfriedviertel, 7 = Schuntersiedlung, 8 = Stadtteil Wabenkamp, 9 = Fliegerviertel, 10 = Alpers-Siedlung, 11 = Messeweg-Siedlung, 12 = Stadtteil Lindenberg, 13 = Siedlung Mascherode, 14 = Klagges Stadt, 15 u. 16 = Miethausbauten am Ring

Wie eine nicht zu umgehende Erweiterung bestehender Großstädte luftschutztechnisch richtig geschehen kann, zeigt das Beispiel der Stadt Braunschweig. Dort hat man in großem Abstand von der Altstadt zahlreiche Siedlungen in Trabantenform geschaffen bzw. geplant. Die Bevölkerungsdichte in ihnen beträgt nur 76—132 Einwohner je Hektar (Abb. 66). Die notwendige Trennung von Wohn- und Industriegebieten erläutert auch die Prinzipskizze Abb. 67.

Die Anpassung der bestehenden Mittel- und Kleinstädte an die luftschutztechnischen Forderungen macht weniger Sorge. Sie sind schon

Abb. 67. Stadterweiterung

heute im Vergleich zur Großstadt auch dann weniger luftempfindlich, selbst wenn sie mit ihr gewisse Mängel teilen, denn diese liegen in einer anderen Größenordnung. Mittel- und Kleinstädte erhalten durch die neuzeitlichen Zielsetzungen frischen Auftrieb und gesteigerte Bedeutung; sie gehen ohne Zweifel einer neuen Blütezeit entgegen. „Volksgemeinschaft, das ist völkisches Leben, wird erst wieder in überschaubaren, kleineren Siedlungseinheiten möglich. Nur aus dem konstruktiven Wege des Aufbaus aus kleinen Einheiten wird die epochale Aufgabe, aus Masse Volk zu machen, möglich" (6).

„Unserem Zeitalter sind dafür, wie eine neue Stadt gestaltet werden muß, klare und eindeutige Befehle erteilt. Es ist freilich ein bisher ungeschriebenes Gesetz, nach dem sich dieser neue, dieser wehrhafte Städtebau vollzieht. Aber gerade darum, weil in dem stürmischen Drängen der

Vorbereitung gewaltiger Entscheidungen und schließlich inmitten der Geschehnisse selbst keiner die Zeit fand, eine Norm dafür zu fassen, wie man dabei zu verfahren habe, blieb allein die gestaltende Tat, jene Befehle entschlossen zu verwirklichen" (17). Zeugen hierfür sind jene neuen Städte und Siedlungen, die heute an zahlreichen Stellen des Reiches emporwachsen, sind aber auch die Stadtgesundungen, die in der Mehrzahl unserer Großstädte schon vor dem Kriege Fortschritte gemacht haben (vgl. auch 19 und 20).

D. Baulicher Luftschutz für Gebäude

1. Schutz gegen Sprengbomben

Die bisher in den Baugesetzen festgelegten konstruktiven Ansprüche an Hochbauten betreffen im allgemeinen nur deren Stand- und Feuersicherheit. Die luftschutz- und bautechnischen Forderungen sind zunächst in allgemeiner Form gegeben und noch nicht präzisiert worden. Das hat seinen Grund in der Fülle der Probleme, welche durch das Aufkommen und die sprunghafte Weiterentwicklung der Bombenwaffe mit ihren anfangs nur wenig bekannten Wirkungen auf Gebäude und Bauteile entstanden. Zwar lagen Erkenntnisse vor, wie die Auftreffwucht und die Sprengladung von Geschossen unmittelbar auf Festungsbauten wirken, zwar konnten Rückschlüsse gezogen werden aus dem Verhalten der verschiedenen Bauarten bei Erdbeben- und Explosionskatastrophen sowie aus den geringen Bombenschäden des Weltkrieges —, aber das weite Gebiet der Wirkungen von Voll-, Nah- und Weittreffern auf normale Hochbauten, von Luft- und Erdstoß, Luftsog, Trümmern und Splittern, die Berücksichtigung der statt ruhender Lasten nunmehr einzusetzenden dynamischen Beanspruchungen, mußte grundlegend versucht und erprobt werden.

Noch bedürfen auch heute Teilgebiete der genauen Erforschung, noch fehlen manche Angaben über die auftretenden und anzusetzenden Kräftegrößen, ihr Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften der Baustoffe, der Widerstandsfähigkeit der Tragwerke; im großen gesehen ist jedoch erkannt, mit welchen Mitteln lufthärte Gebäude erstellt werden können. Es ist anzunehmen, daß die amtlichen Bauanweisungen bei Wiederbeginn der friedensmäßigen Bautätigkeit vorliegen.

Grundsätzlich steht fest, daß vollständiger Schutz der Gebäude gegen Volltreffer auch künftig nur in Sonderfällen nötig sein wird, für normale Wohn- und Geschäftshäuser ist er nicht vorzusehen. Vorschläge, bombensichere Wohnburgen für Dauergebrauch zu bauen oder ganze Industrien in gleicher Ausführung zu erstellen, sind abwegig. Der Schutz gegen Nah- und Weitwirkungen wird dagegen insbesondere

dort zu fordern sein, wo die Minderung der Luftgefahr durch entsprechende Planung, vor allem durch Auflockerung, nicht oder nicht ausreichend erzielt werden kann; ferner bei solchen Bauten bzw. Bauteilen, deren Friedens- oder Kriegsbedeutung solche zusätzlichen Maßnahmen erheischt (21). Darüber hinaus wird angestrebt, einen bedingten Schutz gegen Volltreffer soweit zu schaffen, daß der Bestand des Gebäudes auch bei diesen Höchstbeanspruchungen möglichst erhalten bleibt.

Die Begriffe Voll-, Nah- und Weittreffer sind noch nicht amtlich festgelegt. Bis zum Erscheinen der Begriffsbestimmungen wird vorgeschlagen zu verstehen (Abb. 68):

Volltreffer = Bomben, die innerhalb oder unter einem Gebäude zerknallen (Abb. 68 A).

Nahtreffer = a) Bomben mit Verzögerung (also solche, die in der Nähe des Gebäudes einen Trichter auswerfen), sofern die verlängerte Trichterwand und damit die Trümmerwirkung das Haus trifft (Abb. 68 B).
b) Bomben mit oder ohne Verzögerung, welche an der Außenwand des Gebäudes zerknallen (Abb. 68 C).

Weittreffer = a) Bomben mit Verzögerung außerhalb des Gebäudes, sofern die verlängerte Trichterwand und damit die Trümmerwirkung das Gebäude nicht mehr trifft (Abb. 68 D).
b) Bomben ohne Verzögerung, die außerhalb des Gebäudes detonieren (ohne es unmittelbar berührt zu haben) (Abb. 68 E).

Die Wirkung von Sprengbomben auf Bauwerke ist abhängig von ihrem Gewicht, ihrer Ausführung (insbesondere Wanddicke und Sprengstofffüllung), ihrer Abwurfhöhe, ihrer Zündereinstellung (Abb. 69), sowie der Bauart der getroffenen Gebäude (vgl. S. 26 ff.).

Der Umfang des für Hochbauten zu treffenden Schutzes wird nicht nach gleicher Norm erfolgen, sondern bestimmt werden nach Lage, Umgebung, Größe und Nutzung der Gebäude. So werden sich die Maßnahmen für kleine Siedlungsbauten wesentlich unterscheiden von denen für 3-, 4- und mehrstöckige Großstadthäuser und diese wiederum von denen für weiträumige Industriebauten. Die schon am Anfang des baulichen Luftschutzes herausgestellten Grundsätze gelten auch heute noch:

1. Gebäude so konstruieren, daß durch Bombenwirkung entstehende Kraftangriffe den Zusammenhang der Tragwerke (Stützen und Decken) nicht gefahrbringend schwächen,
2. Gründungen so durchbilden, daß sie Erschütterungen und Bodenverschiebungen möglichst widerstehen,
3. entstandener Schaden muß örtlich begrenzt bleiben und leicht zu beheben sein.

Es stand von vornherein fest, daß der **Gerippebau** wegen seiner hohen Steifigkeit und der Fähigkeit, als „Sicherheitsventil" zu wirken,

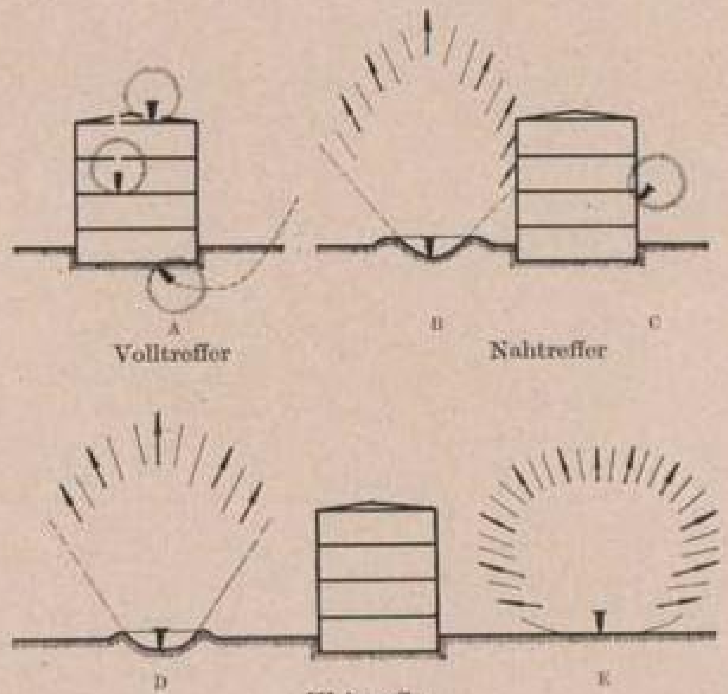


Abb. 68. Vorschlag einer Begriffsbestimmung für Voll-, Nah- und Weittreffer

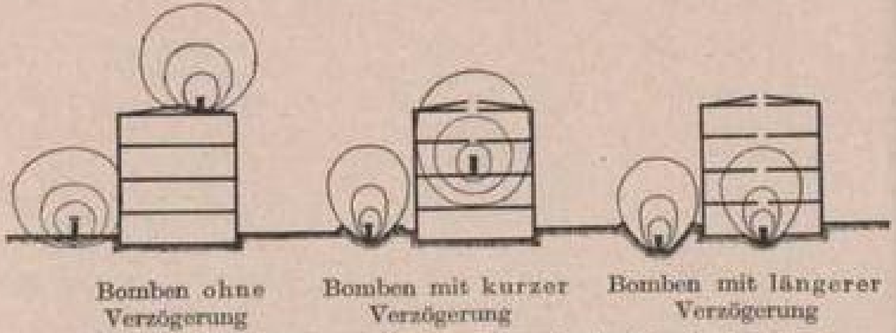


Abb. 69. Wirkung von Bomben je nach der Zündereinstellung

diese Ansprüche am leichtesten zu erfüllen imstande ist. Die Kriegserfahrungen haben dies tausendfach bestätigt, vor allem in Ländern,

in denen wegen der Erdbebengefahr seit gewisser Zeit für Gebäude bestimmten Umfanges diese Bauart vorgeschrieben ist.

Abb. 70 zeigt die Bombenwirkung auf Gerippebauten verschiedener Ausführung.

Ausführung „A": leichte Fachwerkfüllungen, leichte Trennwände, schwere zusammenhängende Stahlbetondecken.

Es ergibt sich:

bei Volltreffern: Vorteil: Gerippe bleibt auch bei stärkeren Beanspruchungen erhalten oder verwendbar. Leichtere Bomben werden unter Umständen durch die schweren Decken abgebremst und kommen schon in den oberen Stockwerken zur Detonation;

Nachteil: schwere Deckenplatten wirken verdämmend, vergrößern hierdurch und durch ihre Trümmer den Schadensumfang. Detonationen in der Platte lösen in ihr auch starke, zerstörende Horizontalkräfte aus. Bei mittleren bis schweren Bomben wird die darüber liegende Decke angehoben, die Stützen brechen ab.

bei Voll- und Nahtreffern: Vorteil: nur geringe Trümmermassen außerhalb des Gebäudes, daher keine langdauernden Straßenversperrungen;

Nachteil: schon leichte Bomben blasen Fachwerkfüllungen und Trennwände hinaus; der Ausbau ist daher wenig geschützt.

Ausführung „B": Außengerippe mit leichten Fachwerkfüllungen; Decke über oberstem Stockwerk als Branddecke (siehe D, 2); Einteilen des Hauskörpers derart, daß Zellen von ungefähr 5 m Tiefe, 10 m Länge und 10 m Höhe entstehen. Decke dieser Zelle als schwere zusammenhängende Stahlbetondecke (bei 3—4stöckigen Gebäuden ist diese identisch mit der Branddecke über dem obersten Stockwerk), alle übrigen Zwischendecken massiv aus Deckenrost mit aufliegenden oder eingehängten Füllungen. Umfassungen der Zellen aus Mauern in bewehrtem Vollwandbau (siehe Abb. 72); im übrigen leichte Innenwände.

Es ergibt sich als Vorteil:

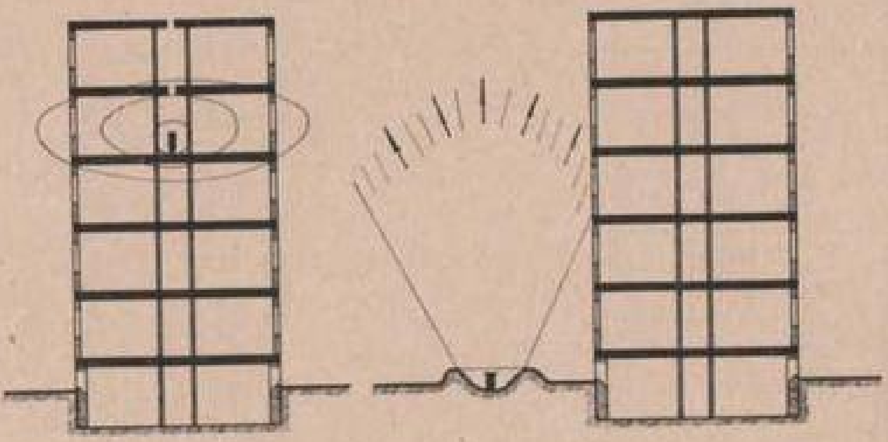
bei Volltreffern: das durch die waagerechten Deckenroste und die senkrechten Scheiben der bewehrten Vollwandmauern ausgesteifte Gerippe ist widerstandsfähig auch gegen stärkere Beanspruchungen. Die Zerknallgase haben in jeder Zelle die Möglichkeit, sich nach drei Richtungen auszudehnen;

bei Voll- und Nahtreffern: in der Mehrzahl der Fälle wird sich der Hauptschaden auf eine „Zelle" beschränken. Geringe Trümmerlasten innerhalb, wenige Trümmerlasten außerhalb des Gebäudes.

Der Vergleich zeigt, daß Ausführungen, gleich oder ähnlich wie unter „B" beschrieben, der Vorzug zu geben ist.

Ungeachtet der luftschutz-bautechnischen Vorzüge des Gerippebaues wird dieser den **Vollwandbau** nicht verdrängen. Die erstere

Bauart hat ihre Domäne im vielstöckigen Bauwerk, die letztere wird nach wie vor bei Bauten mit wenigen Stockwerken vorwiegend ver-



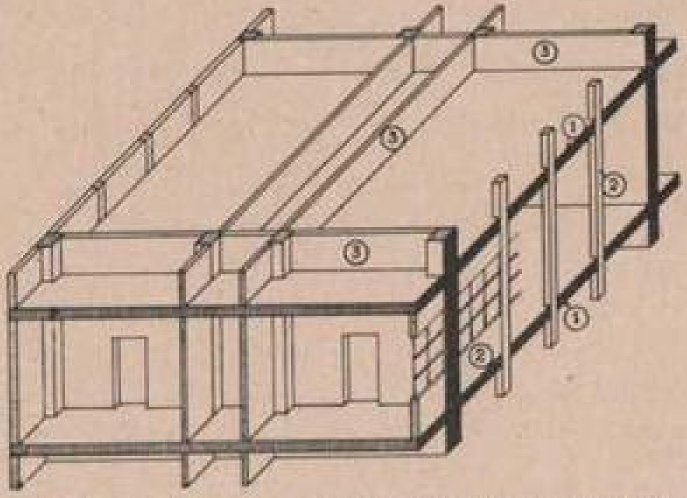


Abb. 70 ‚A'. Bombenwirkung auf Gerippebauten verschiedener Ausführung

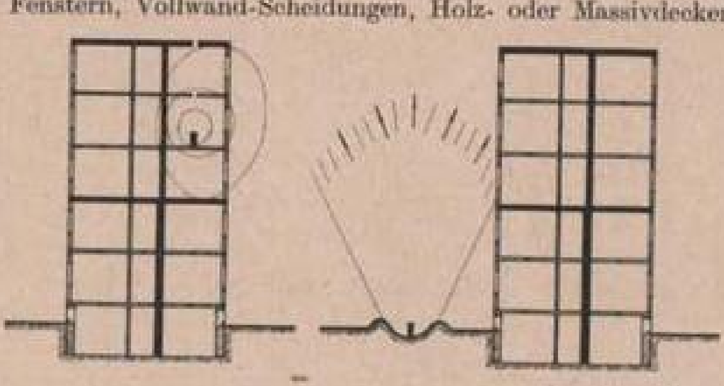
1 = schwere zusammenhängende Eisenbetondecken, 2 = Außengerippe mit leichten Fachwerkfüllungen, 3 = leichte Trennwände

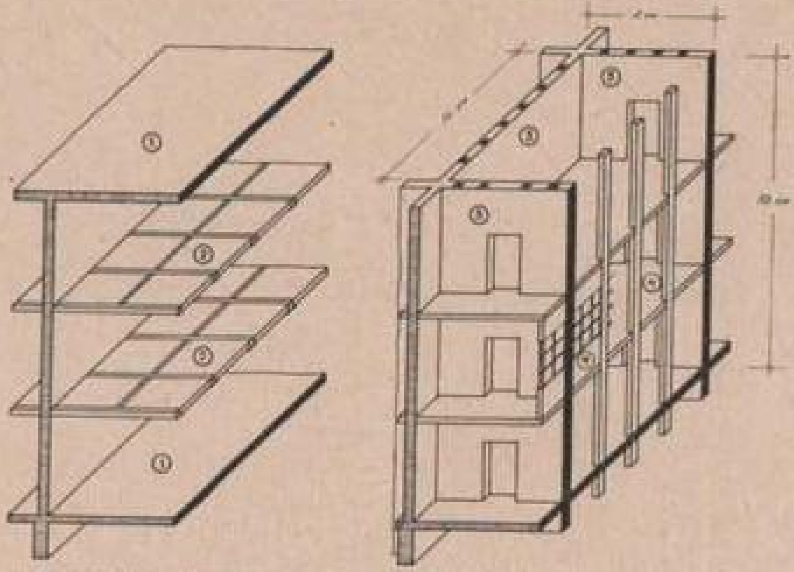
wendet werden. Dies um so mehr, da ihre Luftempfindlichkeit durch einfache konstruktive Verbesserungen gemindert werden kann. Diese bezwecken, die senkrechten Tragwände gegen seitlichen Schub und

Biegung festzumachen und sie durch entsprechend ausgebildete Stockwerksdecken zu versteifen.

Abb. 71 zeigt die Bombenwirkung auf Vollwandbauten verschiedener Ausführung.

Ausführung „A": bisher übliche Vollwandaußenwände mit kleinen Fenstern, Vollwand-Scheidungen, Holz- oder Massivdecken.





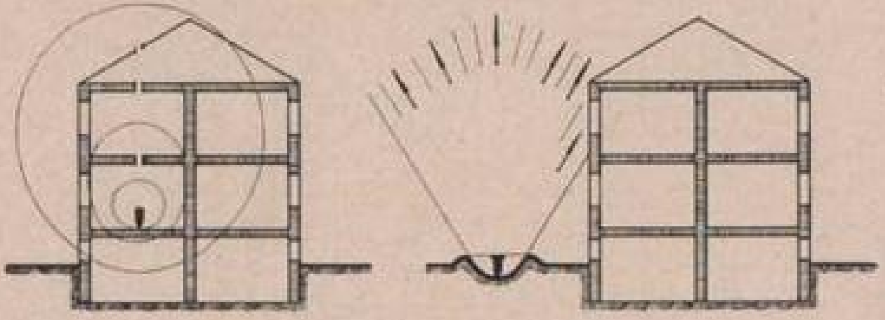
Die Decken einer Hauszelle   Die Wände einer Hauszelle

Abb. 70B. Bombenwirkung auf Gerippebauten verschiedener Ausführung.

1 = schwere zusammenhängende Eisenbetondecken
2 = Decken aus massivem Rost mit aufliegenden oder eingehängten Füllungen
3 = Mauern in bewehrter Vollwandbauart
4 = Außengerippe mit leichter Fachwerkfüllung

Nachteil insgesamt: geringer Widerstand, geringer Zusammenhang der Tragwerke; ferner

Nachteil bei Volltreffern: Bomben werden verdämmt, große Zerstörungen bis zum Totalschaden, große Trümmerlasten und Trümmermassen.



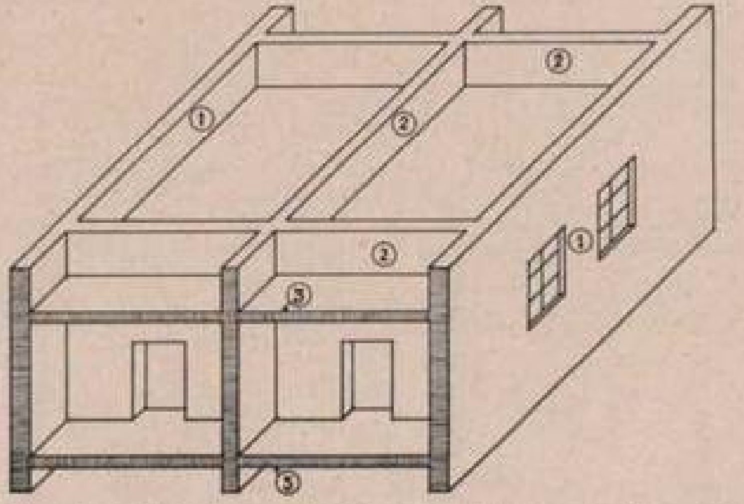
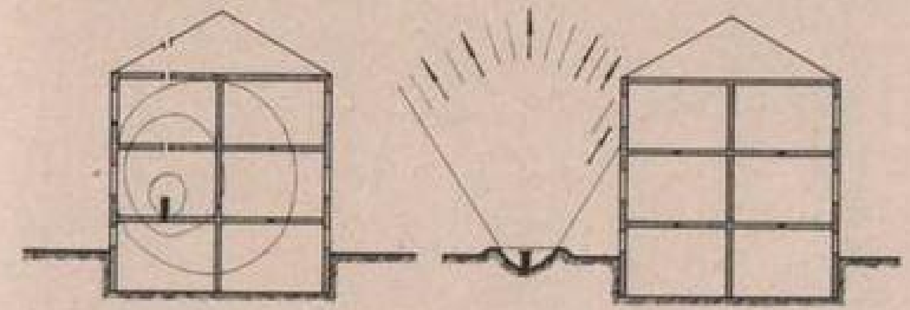


Abb. 71A. Bombenwirkung auf Vollwandbauten verschiedener Bauart
1 = übliche Vollwandaußenmauer mit kleinen Fenstern
2 = Vollwandscheidungen
3 = Holz- oder Massivdecken

Nachteil bei Nahtreffern: Außenwände stellen den angreifenden Kräften zwar Masse entgegen, ihre Festigkeit leistet aber insbesondere waagerechten Kräften nur geringen Widerstand.

Ausführung „B": Außenwände entweder 1. als bewehrte Vollwandbauart (Abb. 72). In gewissen Abständen werden in den Umfassungs-

mauern senkrechte, schornsteinartige Schächte vorgesehen, die eine Rundeiseneinlage erhalten. Diese wird mit der Bewehrung der Decken verbunden. Dann werden die Schächte ausbetoniert;



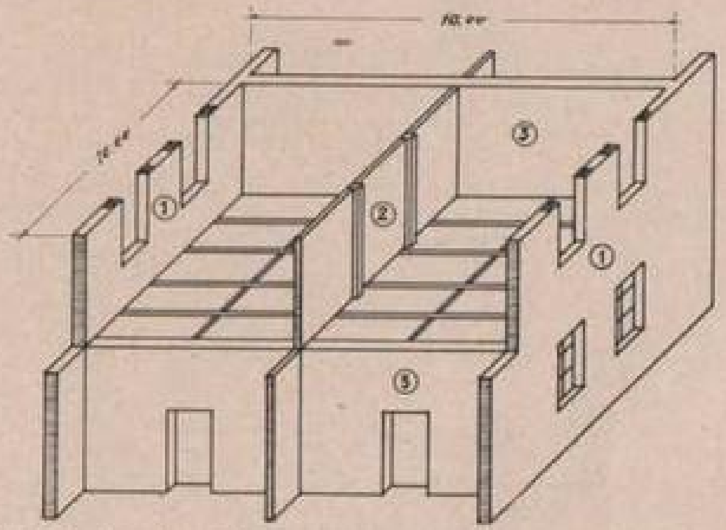


Abb. 71B. Bombenwirkung auf Vollwandbauten verschiedener Ausführung
1 = Außenwände in bewehrter Vollwandbauart (oder mit Randbalken)
2 = Säulen mit leichten Fachwerkfüllungen
3 = schwere Vollwände
4 = massiver Deckenrost mit aufgelegten oder eingehängten Füllungen

es entsteht eine Art Kombination zwischen Gerippe- und Vollwandbau,

oder 2. Randbalken (Abb. 73). In jedes Stockwerk werden in Verbindung mit den Decken Randbalken — möglichst aus Stahl-

beton — in die Umfassungen sowie in alle tragenden und aussteifenden Innenwände eingelegt, die somit das ganze Gebäude

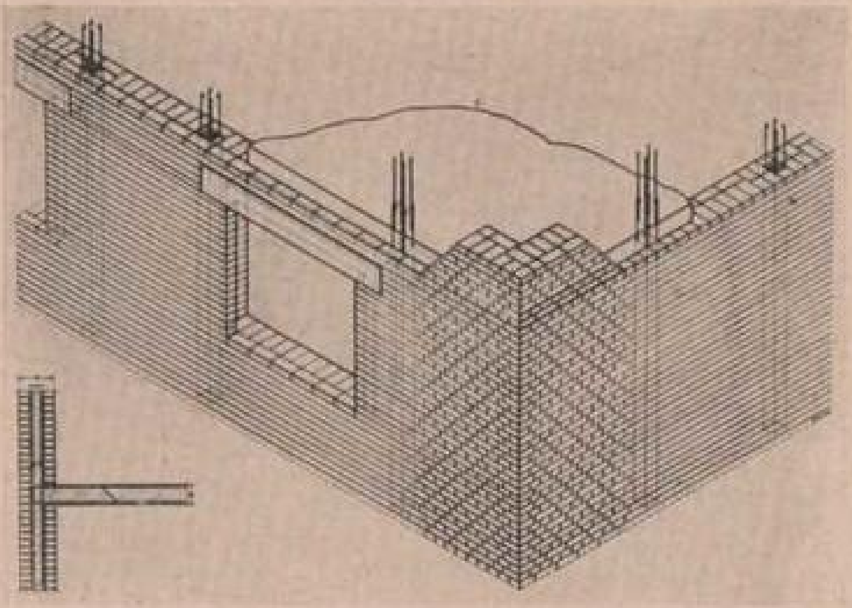


Abb. 72. Bewehrte Vollwandbauart

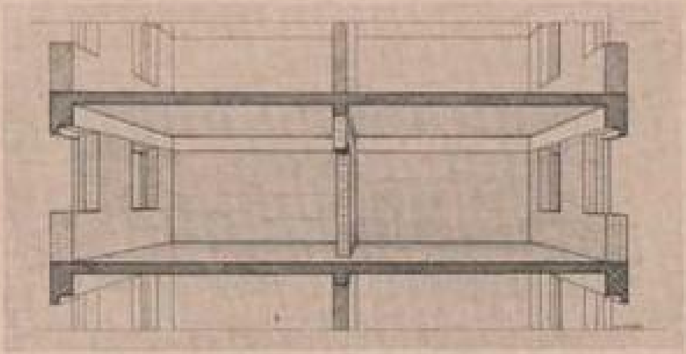


Abb. 73. Randbalkenbauart

ringartig umschließen. Sie werden untereinander und mit den Decken zu starren Scheiben verbunden. Diese Balken fangen das

über ihnen lagernde Mauerwerk auf, wenn das darunterliegende zerstört wird.

Einteilung des Gebäudes in einzelne etwa 10 × 10 m große Hauszellen durch schwere Trennwände, alle übrigen Trennwände möglichst leicht. Massive Decken aus Rost mit aufliegenden oder eingehängten Füllungen.

Vorteil bei Volltreffern: Bomben werden in den Gebäudezellen nur gering verdämmt, die Zerknallgase haben durch die Deckenroste auch Ausdehnungsmöglichkeit nach oben und unten.

Vorteil bei Voll- und Nahtreffern: Guter Zusammenhalt der Tragwerke. Erhebliche Eingrenzung des Schadens. Verringerte Trümmerlasten und -massen.

Der Vergleich zeigt, daß Ausführungen nach „B" erhebliche Vorteile aufweisen. „Ein in bewehrter Vollwandbauart ausgeführtes Wohnhaus wird selbst durch Volltreffer nicht zum Einsturz gebracht. Die Bombenwirkung beschränkt sich in diesem Fall auf die Zerstörung einiger weniger Zimmer des Gebäudes. Durch diese Maßnahme kann die Erhaltung des Wohnraumes bei Luftangriffen weitgehend sichergestellt werden. Der Mehraufwand für die konstruktive Sicherung ist verschwindend gering gegenüber dem Aufwand für die Wiedererrichtung von Gebäuden nach erfolgreichen Luftangriffen" (22). Das gleiche gilt analog für die Randbalkenbauart.

„Bauliche Schutzmaßnahmen bei großräumigen Hallen gegen die Bombenwirkung sind bei Neubauten unter geschickter Ausnutzung aller örtlich gegebenen Möglichkeiten meist ohne großen Aufwand an Kosten und ohne technische Schwierigkeiten ausführbar. Bei Hallen üblicher Bauart müssen vornehmlich die Tragkonstruktionen, die Außenwände und die Dachhaut den luftschutztechnischen Anforderungen genügen, damit der Bestand des ganzen Bauwerkes sichergestellt wird. Dies kann bei Hallen in Stahl sowohl als auch in Stahlbeton erreicht werden. Für beide sind neuere Sonderbauweisen entstanden, die mit ihren bautechnischen Vorzügen zugleich eine sehr hohe Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkungen von Luftangriffsmitteln verbinden. Für die eigentlichen Tragkonstruktionen sind zweifellos am vorteilhaftesten die statisch unbestimmten Systeme, wie biegungssteife Rahmen und Bogen" (23).

Aus der Fülle der weiterhin anstehenden Probleme des baukonstruktiven Luftschutzes ist auf folgende Punkte hinzuweisen:

a) Dichtungen gegen aufsteigende Bodenfeuchtigkeit in der bisherigen Form durch waagerechte Papplagen sind luftschutztechnisch unerwünscht. Durch die umlaufenden Fugen trennen sie das Gebäude in einen oberen und einen unteren Teil; genügende Verankerungen sind normalerweise nicht vorhanden. Waagerechte Kräfte solcher Größe, wie sie beim Bombenzerknall auftreten,

können bei dieser Ausführung das obere Gebäude auf der als Gleitbahn wirkenden Fuge verschieben. Es ist daher nötig, entweder für ausreichende Anker zu sorgen oder besser die Dämmung durch Zusätze zum Mauerwerk bzw. Beton vorzunehmen.

b) Bei Mauerwerksbauten ist die Druck- und Zugfestigkeit des Mauerwerks durch Mörtel von besonderer Güte (Mörtel aus Wasserkalk oder verlängerter Zementmörtel) und durch gute, handwerksgerechte Maurerarbeit zu steigern (13).

c) Schutz der Fensterscheiben. Der Luftdruck wirkt sich auch auf Fensterscheiben u. U. noch in großer Entfernung aus und führt zu umfangreichem Glasbruch. Ein unbedingt sicheres Schutzmittel gibt es dagegen nicht. Das Bekleben der Fensterscheiben mit Streifen aus Papier, Isolierband, Leukoplast u. ä. schützt die Scheiben nicht vor dem Zerspringen. Auch ein Herausfallen der gesprungenen Fensterscheibe kann hierdurch nur in den seltensten Fällen verhütet werden. Derartige Maßnahmen sind daher zwecklos. Zum Schutz der für die Erhaltung gesunder und gebrauchsfähiger Wohn- und Arbeitsräume bedeutungsvollen Fensterscheiben kommen bei Luftangriffen zunächst folgende Maßnahmen in Betracht: Das Öffnen der Fenster, bei Doppelfenstern wenigstens das der inneren Fenster sowie das Schließen der Roll- oder Klappläden oder Jalusien (25).

d) Ausführung von Hallenoberlichten bei Industriebauten. Zur Minderung der Luftgefahr hat sich die Verwendung senkrechter Fensterflächen für die Ausführung von Hallenoberlichten als unerläßlich erwiesen. Die Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit der nunmehr für Neubauten vorgeschriebenen Anordnung senkrechter Fensterflächen ist durch die Luftkriegserfahrung eindeutig bestätigt worden. Hallen mit senkrechten Oberlichten, deren Glasscheiben durch Sprengbombenwirkung (Weitwirkung) zerstört sind, können weiter benutzt werden, da Regen, Schnee usw. nicht einfällt. Die Verdunklung ist in einfacherer Weise als bei schräg liegenden Glasflächen zu erreichen. Die bei ihnen auftretende Spiegelung wird vermieden. Ein Mehraufwand von Baustoff kann bei der Ausführung senkrechter Oberlichte durch entsprechende Planung vermieden werden (26).

Eine Erhöhung der Lufthärte vorhandener Bauten wird in der Hauptsache durch die dargelegten Planungs-, weniger durch die geschilderten konstruktiven Maßnahmen erfolgen. Nur bei bestehenden großräumigen Hallenbauten sind konstruktive Verbesserungen im Zusammenhang mit Um- und Erweiterungsbauten besonders leicht durchführbar, so daß sich die anfallenden Mehrkosten in tragbaren Grenzen bewegen (23).

2. Schutz gegen Brandbomben

Die Kriegserfahrungen bestätigen die Erkenntnis, daß zur Vermeidung von Bränden die Holzverwendung in den Bauwerken auf ein Mindestmaß beschränkt werden sollte. Das Ziel muß das unbrennbare Haus sein. Deshalb sind nicht nur massive Decken hölzernen vorzuziehen, sondern auch anzustreben, die Holz-Dachkonstruktionen durch

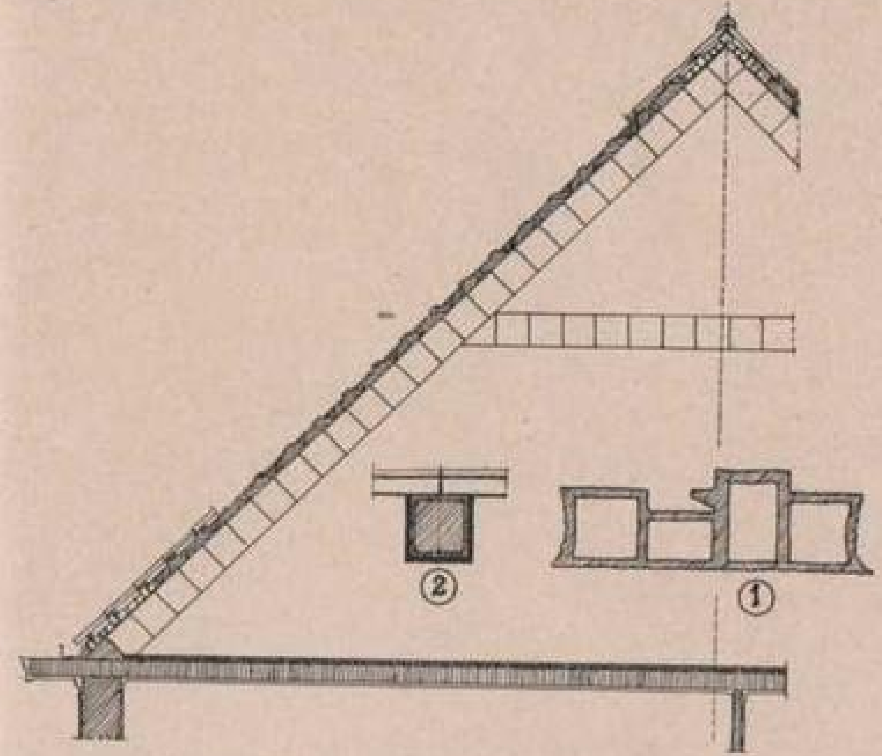


Abb. 74. Steildach ohne Holz. (Vorschlag Architekt O. Meyer-Ottens.)

1 = Der aus dem Leipziger Deckenstein entwickelte Dachstein mit der Nut, in die während der Verlegung ein nach Fertigstellung herausziehbares Eisen geschoben wird. Auf den hochgezogenen Teil des Steines wird die Dachpfanne eingehängt.

2 = Binderquerschnitt. Die Binder werden in einer verlorenen Schalung aus Tonhohlkörpern hergestellt. Außer einer Unterlagsbohle wird kein Schalholz benötigt.

nicht brennbare zu ersetzen. Es trifft sich gut, daß der Wunsch, den wertvollen Rohstoff Holz einzusparen, auch von anderen Seiten erhoben und verfochten wird.

Einen ausgezeichneten Vorschlag in dieser Richtung zeigt Abb. 74. Bei dieser vervollkommneten Form eines Daches nach dem System der „Leipziger Decke" wird kein Schalholz benötigt; auch nicht für die Stahlbetonbinder, die in Bindertrogsteinen unter Ausnutzung ihrer Festigkeit als verlorene Schalung hergestellt werden. Es werden auch keine Dachlatten gebraucht; die Dachziegel können unmittelbar in Vorsprünge der Dach-Deckensteine eingehängt werden. Bei dieser Ausführung entsteht als weiterer Vorteil der seit langem geforderte übersichtliche und leicht begehbare Dachboden.

Sofern trotzdem Holz im Dachstuhl verwendet wird, ist feuerhemmende oder feuerbeständige Bekleidung und Ummantelung zu empfehlen. Auch Tränkung und Anstrich des Holzwerkes kann dazu beitragen, die Entflammbarkeit des Materials herabzusetzen (27). Nicht oder schlecht zugängliche Hohlräume müssen unbedingt vermieden werden; sie sind mit nicht brennbaren Stoffen auszufüllen.

Unumgänglich nötige Dachbodenverschläge sind aushängbar einzurichten. Die Entrümpelung ist laufend nachzuprüfen.

Die Brandmauern sind in möglichst geringen Abständen vorzusehen. Sie müssen entweder über Dach geführt oder unter der Dachhaut verbreitert werden.

Der Schutz gegen den Durchschlag von Brandbomben kann bereits in die entsprechend widerstandsfähig ausgebildete Dachhaut gelegt werden. Meist wird jedoch die Decke über dem obersten Stockwerk dazu ausgestaltet werden. Von dieser versteifenden Branddecke wird zu verlangen sein:

durchschlagsicher gegen Brandbomben bestimmten Gewichtes,
feuersicher,
löschwasserdicht.

Amtliche Vorschriften für ihre Ausführung liegen noch nicht vor, wohl aber Angaben darüber, welche nachträglich auf obersten Stockwerken in Altbauten aufgebrachte Schutzschichten gegen das Durchwerken und Durchschlagen von Brandbomben sichern. Die bis zum Erlaß endgültiger Bestimmungen von Branddecken oder Schutzschichten zu erfüllenden Forderungen und zu empfehlende Bauarten können bei der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz erfragt werden.

„Freiliegende Stahlkonstruktionen verlieren bei der Einwirkung von Feuer und Hitze schnell ihre Festigkeit und können dadurch einen Zusammensturz des Tragwerkes herbeiführen. Sie sind durch unterseitige feuerbeständige oder hochfeuerbeständige Decken oder ebensolche Decken oder Ummantelung hinreichend zu schützen" (13).

E. Baulicher Luftschutz für Menschen

„Ziel des Luftschutzraumbaues ist, gesicherte Zufluchtsstätten und Aufenthaltsräume für die Bevölkerung während der Luftangriffe zu schaffen. Die Luftschutzräume sollen aber nicht nur das Leben der Zivilbevölkerung schützen, nicht nur dazu beitragen, die geistige Widerstandskraft der Heimat zu erhalten und den Einsatz der nichtmilitärischen Abwehr zu sichern; ihr Vorhandensein ist weiterhin eine der wichtigsten Voraussetzungen für den Bestand der materiellen Leistungsfähigkeit des Volkes. Denn die Luftschutzräume müssen die Millionenheere der Arbeiter der Stirn und Faust bergen, die nötig sind, um das Riesenwerk der Erzeugung, der Versorgung und des Verkehrs in Gang zu halten. Jede Hilfskraft ist nötig — und zwar in unversehrter Gesundheit —, um über den Friedensbedarf hinaus den Nachschub des Ernstfalles zu gewährleisten. Diese Erkenntnis hat den Luftschutzraumbau zu einer zwingenden und vordringlichen Forderung gemacht" (21).

Daher standen die Maßnahmen zum Schutze der Menschen auch am Anfang der praktischen Luftschutzarbeit. Eine Fülle bedeutungsvoller Verordnungen und Bestimmungen wies der Planung und Konstruktion die Wege. An ihnen läßt sich am deutlichsten die jeweilige Auffassung des Luftschutzraumproblems ablesen. Daher erfolgt der nachstehende Überblick chronologisch an Hand der wichtigsten veröffentlichten amtlichen Verlautbarungen.

Schon die 1932—1934 herausgegebene „Vorläufige Ortsanweisung für den Luftschutz der Zivilbevölkerung" gab in ihrem Abschnitt VI die Grundsätze für den zu stellenden Schutzanspruch, für Lage, Grundrißgestaltung, Ausbau, Einrichtung und damit erste Richtlinien sowohl für den behelfsmäßigen wie für den endgültigen Luftschutzraumbau in bestehenden Gebäuden und Neubauten. Damals beruhte der Luftschutzraumbau fast ausschließlich auf dem Grundsatz der Freiwilligkeit. Wohl war in einzelnen Teilen des Reiches der Versuch gemacht worden, den Einbau von Luftschutzräumen in Neubauten durch besondere gesetzliche Bestimmungen, durch Verordnungen oder auch nur im Wege der Beratung behördlich zu regeln, wohl hatte die Werbung für den behelfsmäßigen Ausbau von Altbaukellern im einzelnen gesehen zu einer beachtlichen Zahl von Ausführungen geführt, aber im ganzen war der Erfolg dieser Maßnahmen gering. Er reichte nicht aus, um zu gewährleisten, daß in absehbarer Zeit die als notwendig erkannten baulichen Erfordernisse der inneren Landesverteidigung in genügendem Umfang in die Praxis umgesetzt wurden.

Die zweite Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz vom 4. Mai 1937 (29) beendete bei Neu-, Um- und Erweite-

rungsbauten diesen Zustand der Freiwilligkeit, regelte für sie das luftschutzgemäße Verhalten und begründete die Verpflichtung, daß jeder, der Neubauten oder sonstige bauliche Anlagen errichtet oder Um- und Erweiterungsbauten bestimmten Umfanges ausführt, gleichzeitig auch bauliche Maßnahmen durchzuführen hat, die den Anforderungen des Luftschutzes entsprechen. Diese Verpflichtung wurde in ihrem Umfang zunächst für den Bau von endgültigen Luftschutzräumen festgelegt durch Ausführungsbestimmungen zu § 1 der vorgenannten Durchführungsverordnung, die unter dem zusammenfassenden Begriff „Schutzraumbestimmungen" (30) (31) am gleichen Tage im Reichsgesetzblatt veröffentlicht sind.

Diese klaren Vorschriften übertrugen die Überwachung der Durchführung der Pflicht einheitlich an die Baupolizeibehörden. Am 13. Mai 1937 gab überdies der Reichs- und Preuß. Arbeitsminister die Anweisung (32), daß alle in den einzelnen Ländern etwa noch vorhandenen Sonderregelungen den „Luftschutzraumbestimmungen" anzupassen oder aufzugeben seien.

Der Schutzgrad der nach den vorstehenden Bestimmungen errichteten Zufluchtsstätten wurde eindeutig festgelegt: „Der Luftschutzraum soll den Insassen bei Luftangriffen Schutz gegen die Wirkungen von Sprengbomben, insbesondere gegen Luftstoß, Luftsog, Bombensplitter und Bautrümmer, sowie chemische Kampfstoffe gewähren." Solche Luftschutzräume nennt der heutige Sprachgebrauch gas-, splitter- und trümmersicher. An der Spitze der Bestimmungen steht der Grundsatz, daß im gesamten deutschen Reichsgebiet bei Neubauten Luftschutzräume zu schaffen sind. Im Abschnitt „Planung" werden eingehend behandelt: Lage und Zugang, Bezeichnung und Zweck der einzelnen Räume, Raumgröße, Wandöffnungen; im Abschnitt „Konstruktive Durchbildung": Decken, Wände; im Abschnitt „Ausbau": Raumabschlüsse, Belüftung, Fußboden, Rohrleitungen, Aborte, Abwassereinrichtung, Beleuchtung, Heizung, Anstrich.

Aus den Vorschriften ist besonders bemerkenswert:

1. Die Luftschutzraumanlage ist im Regelfall im Keller, möglichst unter Erdgleiche, anzulegen.
2. Die friedensmäßige Nutzung der Luftschutzraumanlagen ist erlaubt und erwünscht.
3. Auch für Luftschutzraumanlagen und einzelne Luftschutzräume gilt der Grundsatz der Auflockerung. Der einzelne „gewöhnliche" Luftschutzraum soll im allgemeinen nicht mehr als 50 Personen aufnehmen. Mehrere kleine Räume sind wenigen großen vorzuziehen.
4. Jede Anlage besteht aus Gasschleuse, Aufenthaltsraum, Abort; gegebenenfalls können hinzukommen Geräte-, Aufsichts-, Ruhe- und Sanitätsraum (Abb. 75).

5. Die Bemessung der Luftschutzräume richtet sich nach der Zahl der zu Schützenden, ihrer Tätigkeit im Luftschutzraum, der je Person vorgeschriebenen Luftmenge und Mindestbodenfläche.
6. Die Decke über der gesamten Anlage muß außer dem Eigengewicht und der durch den Verwendungszweck des Gebäudes bestimmten Verkehrslast die bei einem Einsturz des Gebäudes wirkende Auftreffwucht und ruhende Last der Gebäudetrümmer aufnehmen können. Die vorgeschriebene stellvertretende Trümmerlast für Vollwandbauten siehe Abb. 76.
7. Alle Öffnungen in Außenwänden sind gasdicht und, soweit sie von Splittern getroffen werden können, auch splittersicher zu verschließen. Alle Außentüren und die Türen zwischen Luftschutzraum und Gasschleuse sind gasdicht auszubilden und zu erhalten. Luftschutzraumabschlüsse müssen der Din 4104 entsprechen (33) und eine Vertriebsgenehmigung der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz besitzen.
8. Luftschutzräume müssen zu ihrer baulichen Gesunderhaltung sowie zur Lufterneuerung vor und nach dem Gebrauch durch Öffnen von Türen durch Luftschlitze o. ä. gut durchlüftbar sein. Gefilterte Atemluft (künstliche Belüftung) ist stets einzuführen, wenn der Luftraum je Insasse weniger als 3 m³ beträgt, ferner in Luftschutzraumanlagen, in denen während des Angriffs gearbeitet wird und in solchen mit schwankender Belegungsdichte.

Die nach den Schutzraumbestimmungen errichteten Zufluchtsstätten haben ihre Bewährungsprobe im Ernstfall bestanden. Eine Überarbeitung der Vorschriften auf Grund der Kriegserfahrungen steht in Aussicht.

Das Jahr 1937 brachte für den Luftschutzraumbau weiterhin den Erlaß „Luftschutzraumbau ohne Stahl" (34). In ihm wird darauf hingewiesen, daß die Verknappung gewisser Baustoffe, insbesondere von Stahl, auch auf dem Gebiete des Luftschutzraumbaues berücksichtigt werden muß, und dargelegt, daß Luftschutzräume aller Art in stahlarmen Bauweisen oder ganz ohne Verwendung von Stahl errichtet werden können, ohne daß dadurch die notwendige Widerstandsfähigkeit beeinträchtigt wird.

Im Jahre 1938 erschien zunächst die im Hinblick auf Luftschutzraumabschlüsse für den Luftschutzraumbau wesentliche „Vierte Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz" (35). Sie regelt unter anderem das Vertriebsgenehmigungsverfahren.

Ferner wurde herausgegeben der Erlaß: „Durchführung der baulichen Maßnahmen für Zwecke des Luftschutzes. Stahlsparende Schutzraumbauten und Abschlüsse" (36). Er wiederholt, daß die Verknappung gewisser Baustoffe, insbesondere von Baustahl, auf dem Gebiet des Luftschutzraumbaues berücksichtigt werden muß und bestimmt, daß auch

Abb. 75. Planung von Luftschutzraum-Anlagen

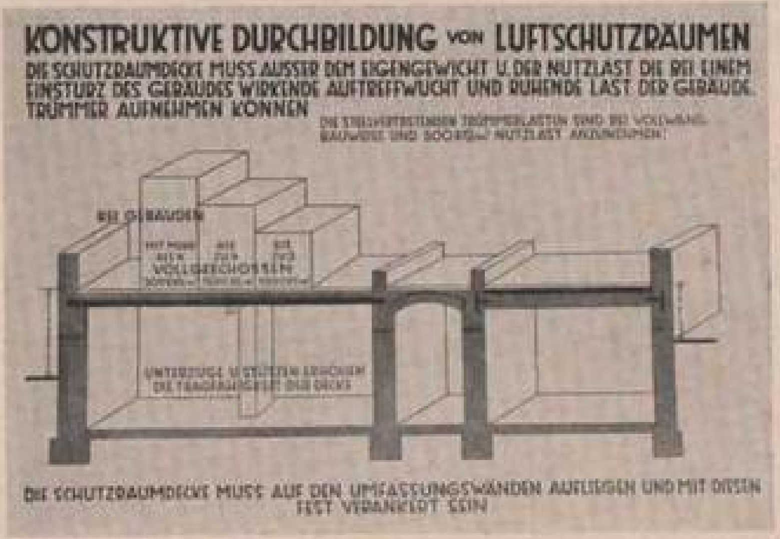


Abb. 76. Konstruktive Durchbildung von Luftschutzräumen

für Luftschutzraumabschlüsse weitgehend stahlarme Ausführungsarten zu verwenden sind.

1939, das Jahr des Kriegsbeginns, brachte naturgemäß eine besondere Fülle von amtlichen Verlautbarungen. Zu nennen sind:

1. Der Erlaß: „Ergänzung der Schutzraumbestimmungen" (37). In ihm wird zu den Fragen Stellung genommen, die sich bei der Durchführung der Schutzraumbestimmungen ergeben haben. U. a. werden Angaben gemacht über Abmessungen der Treppen und der Luftschutzräume, Zahl und Mindestbreite der Gasschleusen, Höchstbelegungszahl eines Luftschutzraumes, Bemessung der Raumgrößen, Raumabschlüsse, Trümmerlasten, Umfassungs- und Zwischenwände, Erleichterungen.
2. Die „Neunte Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz über behelfsmäßige Luftschutzmaßnahmen in bestehenden Gebäuden" (38) und die „Bestimmungen über die behelfsmäßige Herrichtung von Luftschutzräumen in bestehenden Gebäuden" (39). Der Kommentar zum Luftschutzgesetz (18) führt hierzu aus: „In bestehenden Gebäuden waren Luftschutzmaßnahmen zwar erwünscht und anzustreben; es blieb jedoch bis kurz vor Kriegsausbruch bei der Freiwilligkeit. Wenn auch auf diesem Gebiet — insbesondere Dank der Arbeit des Reichsluftschutzbundes — schon Beachtliches geleistet wurde, so zeigte sich doch, daß der Luftschutzraumbau in Altbauten als eine für die Landesverteidigung wichtige Maßnahme nicht auf die Dauer dem Ermessen des einzelnen überlassen bleiben konnte. Um bei dieser als vordringlich anerkannten Aufgabe die Schwierigkeiten zu vermeiden, welche bei der Bereitstellung von Baustoffen für endgültige Maßnahmen auftraten, verpflichtete die Neunte Durchführungsverordnung, dazu behelfsmäßige Maßnahmen mit einfachsten Mitteln durchzuführen. Diese sollen gleichsam die erste Stufe auf dem Wege zu endgültigen Luftschutzräumen darstellen, denn die Behelfsmaßnahmen müssen zu gegebener Zeit durch endgültige ersetzt werden. Demzufolge ist in jedem Einzelfall zu erwägen, schon jetzt — soweit irgend möglich — endgültige zu schaffen." Die Verordnung ist eine Rahmenverordnung. Die durchzuführenden Maßnahmen, insbesondere die technischen Einzelheiten, sind in Ausführungsbestimmungen festgelegt (Abb. 77).
3. Die 1. Ausführungsbestimmungen (39) geben Vorschriften für: Auswahl und Größe geeigneter Räume, Splitter- und Gassicherheit, innere Einrichtung.
Die Vorschriften wurden später durch Erlaß vom 13. Oktober 1940, vor allem hinsichtlich der Splitterschutzvorrichtungen und Dicken geändert. Die zur Zeit geltenden Werkstoffdicken zeigt Abb. 78.

4. Für alle die Fälle, in denen die Verpflichtung zur Schaffung von Luftschutzräumen nicht innerhalb der Gebäude erfüllt werden kann, geben die „Sonderbaubestimmungen" vom 2. September 1939 (40) Anweisungen. Dann sind Luftschutzräume

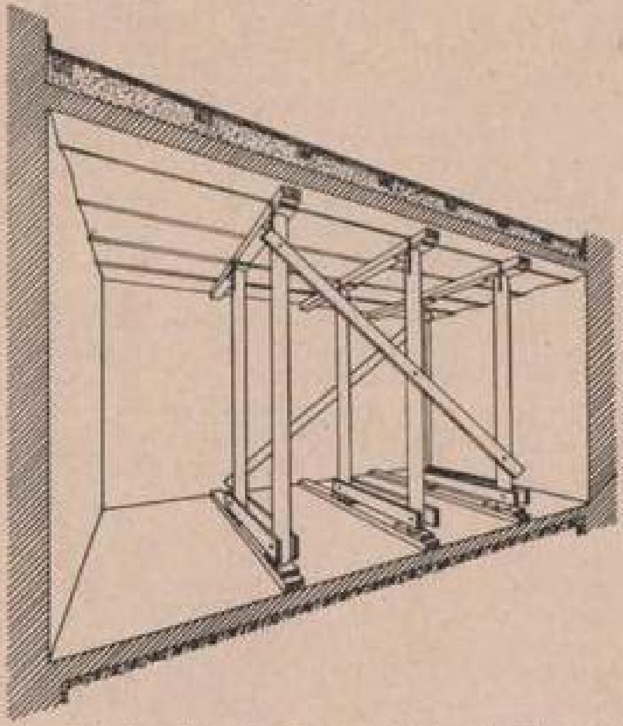


Abb. 77. Behelfsmäßige Deckenabsteifung mit Holzstielen

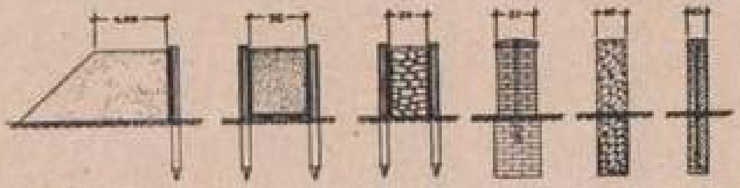


Abb. 78. Splitterschutzvorrichtungen
— 1. Ausf.-Best. z. § 1 d. IX. DVO. z. LSG. —
Bei hohen Splitterschutzvorrichtungen ist Absteifung gegen Explosionsdruck erforderlich

außerhalb der Gebäude zu erstellen. Unter Sonderbauten sind eingeschossige über oder unter Erdgleiche gelegene Luftschutzraumanlagen zu verstehen. Die Bestimmungen sind gegliedert in solche über Planung, Decken und Wände sowie ihre Verbindung, Sperrschichten usw. Von Interesse sind die Angaben über senkrechte oder waagerechte Bewehrung der Umfassungswände aus Ziegelmauerwerk. Die Sonderbaubestimmungen gelten zwar noch, sind aber nicht mehr für alle Fälle maßgebend; auch für sie kann zu gegebener Zeit mit einer die Kriegserfahrungen berücksichtigenden Neufassung gerechnet werden.

5. Der Erlaß vom 13. November 1939: „Übersicht über Luftschutzraum-Belüftungsanlagen" (41). Er gibt in einer Anlage eine Übersicht über die verschiedenen für Luftschutzräume und Luftschutzraumanlagen in Betracht kommende Belüftungsanlagen, sowie über den für diese notwendigen Geld- und Eisenbedarf. Die Übersicht bezweckt, die Planung, Kosten- und Rohstoffberechnung zu erleichtern.

Auch im Kriegsjahr 1940 wurde eine sehr große Zahl bedeutsamer Bestimmungen herausgegeben. Es erschienen u. a.:

Die Bestimmungen über Mauerdurchbrüche in bestehenden, unmittelbar benachbarten Gebäuden vom 12. März 1940 (42). Der Kommentar (18) sagt hierzu: „Durch den angeordneten Durchbruch der Brandmauern benachbarter Gebäude soll die Verschüttungsgefahr beseitigt werden. Die Durchbrüche geben die Möglichkeit, auch dann aus dem Luftschutzraum ins Freie zu gelangen, wenn die Ein- und Ausgänge des Luftschutzraumes verschüttet sind. Durch diese Maßnahme, die auf Erfahrungen jüngster Zeit beruht, wird die Geeignetheit der Luftschutzräume als Aufenthaltsort bei Luftangriffen besonders erhöht. Die geschaffenen Durchbrüche sind wieder gasdicht zu schließen und zwar so, daß sie jederzeit wieder leicht durchbrochen werden können. Auch auf diesem Gebiet sollen einst endgültige Maßnahmen durchgeführt werden." Die Bestimmungen sind in folgende Abschnitte unterteilt: Allgemeines, Lage, Größe und Ausbildung der Öffnungen, Abschlußwände, Kenntlichmachung, Anwendungsbereich und Ausnahmen, Verfahren und Durchführung (Abb. 79).

Sowohl 1940 wie 1941 wurden in weiteren wichtigen Anweisungen weitere Ernstfallerkenntnisse ausgewertet. Hier ist hinzuweisen auf die Maßnahmen, den Aufenthalt in den Luftschutzräumen bei langanhaltenden Angriffen erträglicher zu gestalten. Zur wohnlichen Ausgestaltung wurden nicht nur die Räume durch wohnzimmerähnliche Einrichtung vervollständigt, es wurden auch „überzählige Betten und neubeschaffte Liegestühle" in solcher Zahl aufgestellt, daß Kinder und schwache Personen ausreichend versorgt waren. Die Erfahrung des Krieges lehrte aber, daß es notwendig ist, für alle Schutzrauminsassen Liegeplätze vor-

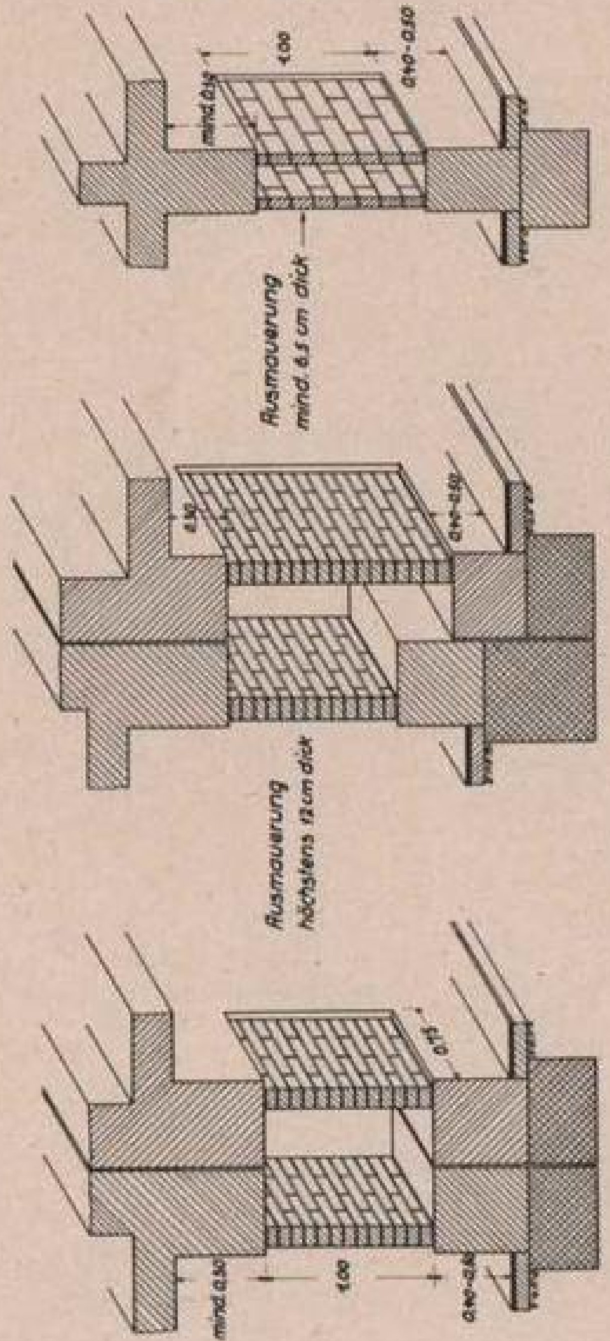


Abb. 79. Brandmauerdurchbrüche

zusehen. Das bezieht sich insbesondere auf die Berufstätigen, die auch nach einer durch längeren Fliegeralarm gestörten Nacht ihrem Tagewerk mit frischen Kräften nachgehen müssen. Als zweckmäßig haben sich hölzerne Bettstellen erwiesen, die so gebaut sind, daß je 2 oder 3 übereinander stehen. Durch diese Anordnung wird Platz gespart.

Die neuesten Bestimmungen, die auf Grund von Kriegserfahrungen herausgegeben wurden, fordern besondere, von den übrigen Luftschutzräumen abgetrennte Räume für Kinder, werdende Mütter und Kranke. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß einerseits die Kinder ungestört von den Gesprächen der Erwachsenen ihre Ruhe finden und umgekehrt die ruhesuchenden Erwachsenen durch spielende Kinder im Schlaf nicht gestört werden" (22). Darüber hinaus wurden — wenn ausreichend Raum zur Verfügung steht — Raucherabteile geschaffen. Besondere Aufmerksamkeit wurde ferner der Beheizung der Luftschutzräume in der kalten Jahreszeit zugewandt und das hierzu Erforderliche veranlaßt. „Die einfachste Art der Heizung erfolgt durch Öfen, möglichst Allesbrenner, die bekanntlich nach dem Anzünden in kürzester Zeit Wärme spenden. Ebenso vorteilhaft und dabei noch angenehmer im Gebrauch sind elektrische Heizöfen" (22).

Geklärt wurde auch die Frage des Notausstieges, der für jeden Luftschutzraum vorgeschrieben ist. Der Erlaß vom 21. Februar 1941 (45) bestimmt, daß für die Zukunft der Einbau von waagerechten Notausstiegen verboten ist und ordnete an, die hierfür bereits erteilten Vertriebsgenehmigungen zurückzuziehen. Gründe hierfür sind die Kriegserfahrung, die in einzelnen Fällen ergeben hat, daß solche Notausstiegsöffnungen eine Gefahr für die Luftschutzrauminsassen bedeuten können, und die Tatsache, daß durch die Brandmauerdurchbrüche das Problem des Fluchtweges einwandfrei gelöst ist.

Die vorstehend wiedergegebenen amtlichen Verlautbarungen und getroffenen Maßnahmen befassen sich alle mit dem „gewöhnlichen" gas-, trümmer- und splittersicheren Luftschutzraum. Doch auch die volltreffersichere Zufluchtstätte hat schon ihre Geschichte. Am Anfang stand der freistehende zuckerhutförmige Luftschutzturm aus Beton oder Stahlbeton. Ihm folgten zylindrische Türme mit flachem oder steilem Dach und vielen Varianten in der inneren Raumeinteilung. Besonders das Treppenproblem war Gegenstand einer Reihe von Vorschlägen, von denen die Wendelfläche und die Sitzstufenanordnung zu erwähnen sind. Einen Sprung in der Entwicklung bedeutete es, als die beim Turmbau verwendeten bzw. gewonnenen Erkenntnisse genutzt worden, um kubische Baukörper als „Luftschutzbunker" zu errichten. Nicht nur die Grundrißgestaltung wurde hierdurch freizügiger, sondern es wurde vor allem leichter, die neuzeitlichen Zweckbauten in die Landschaft einzugliedern und an die Umgebung anzupassen. An vielen Stellen entstanden nun in Deutschland volltreffersichere Bauwerke nach

den ersten für den Bau von Luftschutzbunkern geltenden Bestimmungen (vgl. auch 44).

Einen weiteren Antrieb für die Lösung einer Vielzahl der neuaufgetretenen Probleme erbrachte um die Jahreswende 1941 ein Wettbewerb des NS.-Bundes Deutscher Technik. Die eingereichten Vorschläge befaßten sich mit der städtebaulichen Einordnung, mit wirtschaftlichen Grundrissen, dem konstruktiven Aufbau, dem Einfluß des Fassungsvermögens auf die Betonmenge, der künstlerischen Gestaltung usw. Die große Teilnehmerzahl zeigte, daß das Bauwesen die Größe der gestellten Aufgabe erkannt hat und mit Eifer an ihre Lösung herangegangen ist. Noch läßt sich die künftige Entwicklung nicht voraussehen. Zur Zeit jedoch steht fest, daß das Ideal des Bunkers mit kleinem Fassungsvermögen unmittelbar an der Wohnung aus Gründen des hohen Aufwandes zunächst zurückgestellt werden muß. Bis auf weiteres ist der Vorzug vielmehr den großen und damit wirtschaftlichen Bunkern zu geben. Für diese ist eine Friedensnutzung im allgemeinen nicht vorzusehen.

In der Zwischenzeit sind die Fragen der Baustoffe und ihrer Verarbeitung, der Berechnungsgrundlagen, der Ausbildung von Decken, Wänden, Gründungen, Eingängen, Dichtungen und Isolierungen ebenso wie die über Planung und Grundrißgestaltung, Belüftung, Heizung und Kühlung, Wasserversorgung und Entwässerung, Stromversorgung, Kennzeichnung und Ausstattung weitgehend geklärt (Abb. 80, 81) und in Bestimmungen festgelegt, die Befugte von der für sie zuständigen Fach- oder Wirtschaftsgruppe oder vom Reichsausschuß für baulichen Luftschutz, Berlin W 35, Woyrschstr. 36, beziehen können. Das gleiche gilt für Luftschutzbunker in Krankenhausbauten und Luftschutzräume unter Erdgleiche.

Luftschutztunnel, das sind solche Anlagen, bei denen eine genügend dicke Erd- oder Felsendecke den Schutz gegen Volltreffer übernimmt, werden mit Vorteil dort durchgeführt, wo die geologischen und die Grundwasserverhältnisse dies zulassen. Sie haben sich in solchen Fällen ausgezeichnet bewährt und nicht nur den Vorzug, außer den Eingängen keine oberirdische Baufläche zu beanspruchen, sondern auch den, von oben nicht erkannt werden zu können. Außerdem ist anzunehmen, daß sie verhältnismäßig unabhängig sind von der Weiterentwicklung der Bombenwaffe, sofern die Überdeckung ausreichend dick ist.

Da die Durchführung des Luftschutzbunkerbaues erheblichen Aufwand an Werkstoffen, Arbeitskräften und damit Zeit erfordert, kommt dem behelfsmäßigen Ausbau als Sofortmaßnahme nach wie vor gesteigerte Bedeutung zu. Dort, wo auch diese aus örtlichen Gegebenheiten nicht durchgeführt werden kann, also überhaupt jede andere Möglichkeit des Schutzes fehlt, sind Luftschutzdeckungsgräben anzulegen.

Offene Gräben sind unzweckmäßig. „Da Wind und Wetter ungehindert eindringen können, sind sie ungeeignet für Familien-, Frauen- und Kinderaufenthalt. Das Aussehen nicht ausgebauter Deckungs-

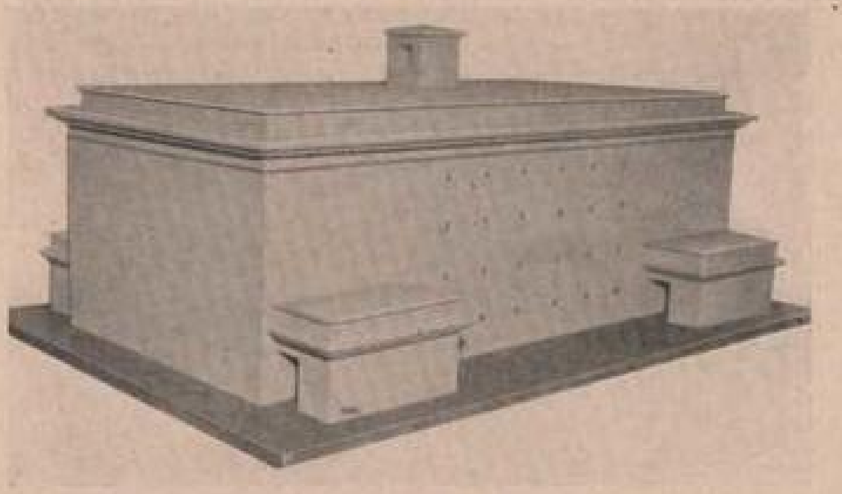


Abb. 80. Luftschutz-Bunker: Außenansicht

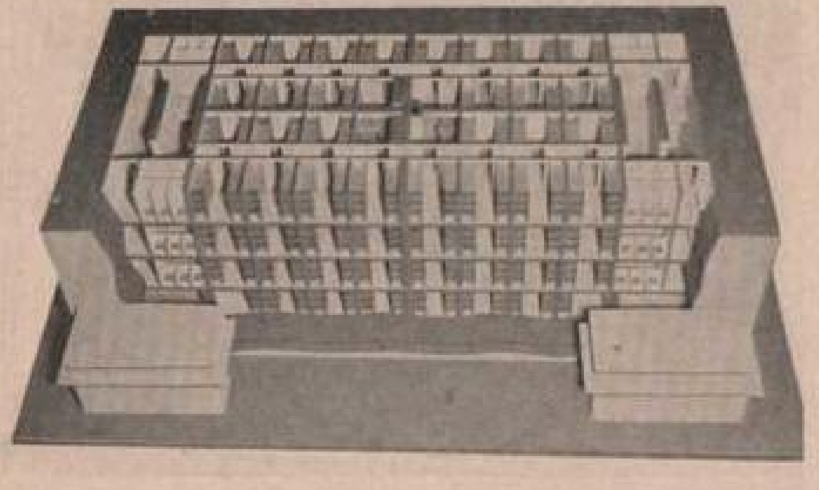


Abb. 81. Luftschutz-Bunker: Derselbe Bunker wie oben ohne Schutzdecke und Vorderwand. Man erkennt die Zellen der zweiachsigen Anlage, die Treppenhäuser und Aborte

gräben nach Frost, Regen und Schneefall ist hierfür Beweis genug. Herabfallende Sprengstücke der Flakartillerie, die für alle Menschen im Freien eine große Gefahrenquelle darstellen, bedrohen auch die Insassen offener Gräben. Wenn daher der Bau von Luftschutzdeckungsgräben nicht zu umgehen ist, muß eine wirksame Abdeckung vorgenommen werden, die gegen Witterungseinflüsse und Flaksplitter schützt und eine Benutzung der Anlage zu jeder Jahreszeit und bei jeder Wetterlage sicherstellt. Die Lage der Deckungsgräben ist so auszuwählen, daß sie von Benutzern möglichst schnell erreicht werden können. Andererseits müssen sie außerhalb des Trümmerschattens von Gebäuden liegen"

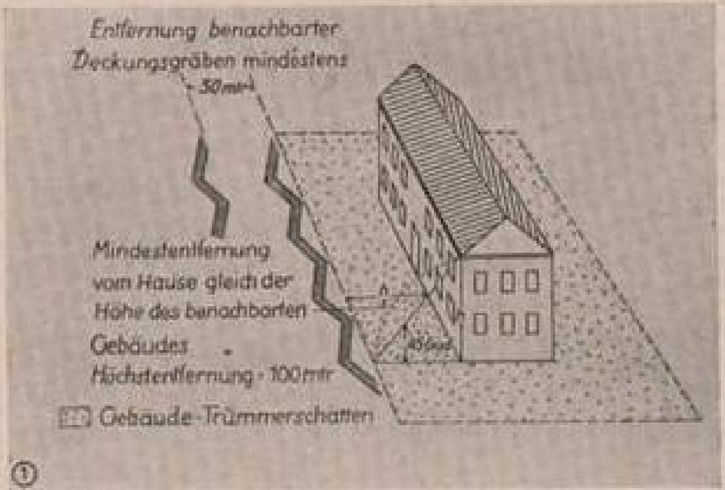


Abb. 82. Lage von Deckungsgräben

(Abb. 82). Bei der Anlage der Deckungsgräben ist auf den Verkehr Rücksicht zu nehmen. Genügend breite Verkehrsbahnen sind freizulassen, um den Verkehr und den Einsatz der Fahrzeuge des Sicherheits- und Hilfsdienstes usw. nicht zu behindern. Als Grundriß der Deckungsgräben ist mit Rücksicht auf den angestrebten Splitterschutz eine gebrochene Linienführung zu wählen. Empfohlen wird eine stumpfwinklige Zickzackform. Die Seitenwände der Deckungsgräben sind entsprechend der Bodenart entweder abzuböschen oder in geeigneter Weise abzusteifen; der Fußboden muß durch eine sicher arbeitende Entwässerung gegen Vollaufen geschützt werden (45). Eine konstruktiv einwandfreie Ausführung der Wandversteifung und Abdeckung in Holz zeigt Abb. 83 (46). Da Holz jedoch Mangelbaustoff ist und nur eine beschränkte Lebensdauer hat, bürgert sich die Verwendung von Stahl-

betonformstücken in immer stärkerem Umfange ein. Es entstehen dann Ausführungen, die „Luftschutzstollen" (vgl. 28) gleichkommen.

Der Überblick über Entwicklung und heutigen Stand des Luftschutzraumbaues zeigt die Vielfalt der Möglichkeiten, den Menschen zu schützen. Jede der Ausführungen trägt, richtig geplant und erstellt, dazu bei, Verluste zu vermeiden, die Widerstandskraft der Heimat zu verstärken und ihre Leistungsfähigkeit zu erhalten.

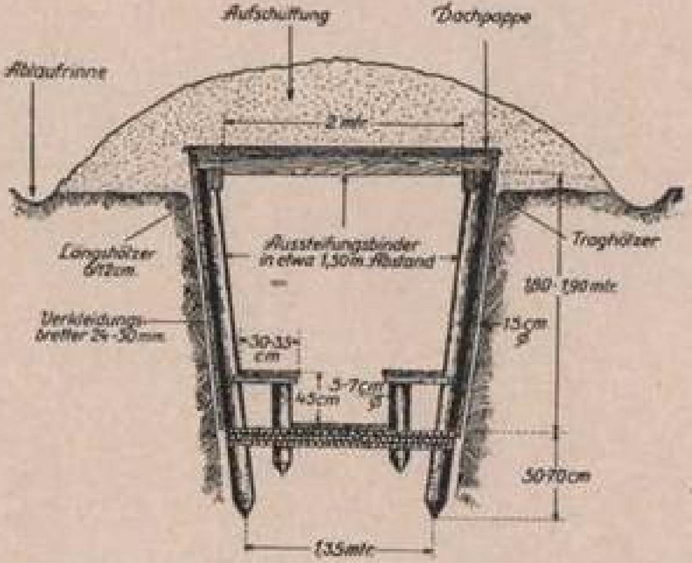


Abb. 83. Deckungsgraben: Wandaussteifung u. Abdeckung

F. Bauliche und betriebliche Luftschutzmaßnahmen der Erzeugungs-, Versorgungs- und Verkehrsanlagen

Die Forderungen nach gesteigerter Abwehrbereitschaft und verminderter Luftempfindlichkeit der Wirtschaft und Industrie lauten im großen:

Verteilung der gesamten Erzeugung und Versorgung auf eine Vielzahl planmäßig im großdeutschen Raum angeordneter, durch Verbundwirtschaft miteinander vermaschter Werke kleiner Leistung (10). (Abb. 84). Falsch sind kriegs- und rüstungswichtige Werke in Grenznähe.

Rückverlegung der Produktionszentren von den feindlichen Startplätzen. Die größere Entfernung des Feindfliegers von seiner Ope-

rationsbasis verkleinert seine gefährliche Nutzlast, vermindert seine Erfolgsaussichten und erhöht die der Abwehr. Dieser Grundsatz war vor Kriegsbeginn in den meisten Ländern Anlaß zu entsprechenden Maßnahmen. Frankreich verbot die Anlage neuer Fabriken innerhalb eines Streifens von einigen hundert Kilometern Tiefe an seiner deutschen und italienischen Grenze. England legte seine Rüstungsindustrie im Westen an, Rußland tat dies am Dnjepr, im Donezbecken, in Lenin-

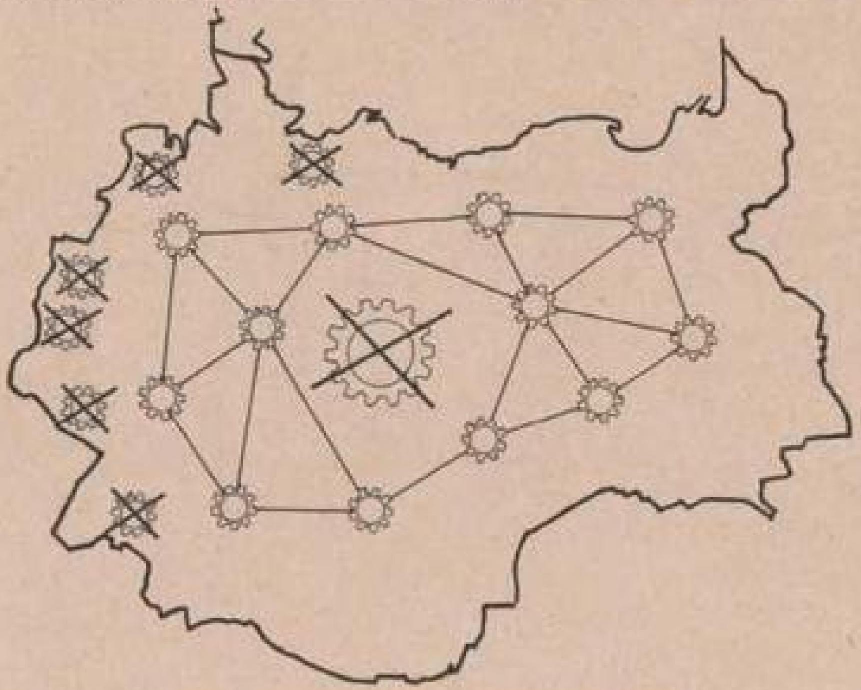


Abb. 84. Industrieverteilung falsch und richtig

grad und Moskau. Die Sowjets waren darüber hinaus im Begriff, im Ural und in Zentralasien eine weitere Kriegsindustrie aufzubauen.

Falsch ist dagegen die Ballung an wenigen Punkten, falsch sind Großanlagen, in denen an einer Stelle der gesamte Bedarf gedeckt werden soll. „Das Mammutwerk ist heutzutage wehrwirtschaftlicher Unsinn. Das Vorhandensein alter Riesenwerke ist ein schwerer Nachteil für die Länder, die von einer so schlecht verteilten Industriekapazität abhängig sind" (47).

Nach Möglichkeit zu vermeiden sind weiterhin Ballungen an der Küste. Dort dürfen nur diejenigen Werke liegen, für die das Wasser unbedingt Voraussetzung ist. Die Gefahr für die in Hafenstädten an-

gesiedelten Industrien ist bewiesenermaßen groß, dagegen „die für den Angreifer, der von See kommt, gering" (47).

Für die Standortwahl fordert der Luftschutz weiterhin, daß keine Neuanlage die Luftgefährdung oder Luftempfindlichkeit bereits bestehender Anlagen oder Einrichtungen vergrößert. Die Notwendigkeit, wichtige Betriebe außerhalb geschlossener Ortsteile anzulegen, sowie Wohn- und Industrieviertel voneinander abzusetzen und durch Bausperrgebiete zu trennen, ist schon im Abschnitt „Städtebau" behandelt worden. Dabei wurde auch bereits darauf hingewiesen, daß der Grundsatz der Dezentralisation und Verbundwirtschaft nicht nur allgemein für die Verteilung bedeutungsvoller Anlagen im Staatsgebiet gilt, sondern bei Städten ebenfalls auf ihre Versorgungsbetriebe, also vor allem auf die Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke anzuwenden ist.

Das Prinzip der Auflockerung muß weiterhin nachdrücklich bei der Planung jeder Einzelanlage beachtet werden. „Die Luftempfindlichkeit einer Anlage wächst, je größer sie selbst und ihre Baukörper, je kleiner die Freiräume in ihr werden; sie verringert sich mit steigendem Maße, je kleiner sie selbst und ihre Baukörper und je größer die Freiräume in ihr werden" (13).

Der Luftschutz zwingt daher zur Abkehr von der früher üblichen Zusammendrängung der Werksbauten, mit der man Platz sparen und kurze Wege erreichen wollte; er verlangt ebenso die Größe der Gebäude zu beschränken. Repräsentative Gesichtspunkte, die bisher häufig ausschlaggebend waren, müssen heute zurückgestellt werden. Für schematisch am Reißbrett erzeichnete Anlagen ist künftig kein Raum mehr. Der verständnisvolle Planer wird sie unter Beachtung der Tarnungsgrundsätze sinnvoll in das Gelände und die Umgebung einpassen (vgl. Abb. 89). Erweiterungsmöglichkeiten müssen vorausschauend vorgesehen werden.

An der Art und Weise, wie diese Forderungen des Luftschutzes mit denen der wirtschaftlichen Betriebsführung und mit den technischen Notwendigkeiten in Einklang gebracht sind, erkennt man das Geschick des Architekten und des Betriebsingenieurs. Jeder Fabrikationszweig stellt hier seine besonderen Probleme und fordert gründliches Studium und eine dem Spezialfall entsprechende Lösung.

Grundsätzlich wird verlangt, daß jedes Werk hochmöglichst störungsfest ist, daß alle Engpässe im Fabrikationsgang vermieden werden. Deshalb ist jede Anlage möglichst so durchzuorganisieren, daß nicht nur ein geschlossenes Arbeitsband vorhanden ist, sondern mehrere, die bei Notständen ineinander übergeleitet werden und sich ergänzen können. Dadurch wird verhütet, daß ein einziger Bombenschaden in einem kleinen Werkteil genügt, um die gesamte, sonst unbeschädigt gebliebene Anlage lahmzulegen.

Die Zufuhrleitungen für Licht, Kraft und Wasser müssen doppelt vorhanden, ihre Verteilung als Ringnetz gebaut und gegen Splitterwirkung gesichert sein.

Für wichtige nur einmal vorhandene Maschinen oder Geräte usw. wird man nicht nur Ersatzteile vorrätig halten, sondern sie auch durch entsprechende bauliche Maßnahmen gegen Bombenwirkung schützen. Die im Abschnitt D: „Baulicher Luftschutz für Gebäude" dargelegten konstruktiven Möglichkeiten sind hier besonders am Platze.

Im allgemeinen wird man sich auch bei Industrieanlagen mit Schutz gegen Weittreffer und weitgehendem Schutz gegen Nah- und Volltreffer begnügen. In besonders gelagerten Fällen wird jedoch völlige Sicherung gegen Volltreffer nötig. So kann die Unterbringung unersetzlicher Werkteile in Bunkern in Frage kommen. Der bombensichere Bau ganzer Anlagen wird auf Ausnahmen beschränkt bleiben. Beim Vorliegen einer solchen Aufgabe ist es ratsam, eine Verdichtung des Betriebsraumes anzustreben, wie sie in vollendeter Form z. B. die Kriegsschiffe zeigen. Dadurch sinkt der Platzbedarf, verringern sich die Ausmaße der Leitungen, Kraftübertragungen, Kraft- und Wärmeverluste und damit die Bau-, Einrichtungs- und Betriebskosten.

Hinweise für bauliche und betriebliche Luftschutzmaßnahmen der Erzeugungs- und Versorgungsanlagen enthalten außer (19):

a) Richtlinien für die Errichtung von Lagertanks (48),
b) Richtlinien für Luftschutzmaßnahmen in Schlacht- und Viehhöfen, in Kühlhäusern sowie auf Fleischgroßmärkten (49),
c) Richtlinien für Luftschutzmaßnahmen in Molkereien und anderen milchwirtschaftlichen Verarbeitungsbetrieben, Käsereien, Ölmühlen, Margarinefabriken, Talgschmelzen und Schmalzsiedereien (50).

Der bauliche Luftschutz der Verkehrsanlagen hat die Aufgabe, die Wirkungen von Luftangriffen auf Land- und Wasserstraßen einzuschränken oder auszuschließen. Einzelne der hierbei auftretenden Fragen sind im Abschnitt über Städtebau behandelt und es ist dabei klargestellt worden, welche Forderungen an die Lage der Bahnhöfe, die Führung und Breite von Straßen erhoben werden.

„Bei Ausfall des einen oder anderen Verkehrsweges müssen Ausweichwege vorhanden sein, welche die Weiterführung des Verkehrs ermöglichen. Verkehrsknotenpunkte, insbesondere Bahnhöfe, sind nicht in einzelnen großen Anlagen zu errichten, sondern in zahlreiche auseinanderliegende Anlagen mittlerer Größe aufzulösen. Die konstruktive Durchbildung von Verkehrsbauten, insbesondere Brücken, Tunnels, Wasserstraßen, Schleusen, Autobahnen, kann nach den gemachten Erfahrungen mit geringen zusätzlichen Mitteln so erfolgen, daß einschlagende Sprengbomben nur geringfügige Wirkung haben. Die am häufigsten vorkommenden Verkehrsbauten, die Brücken für Eisenbahnen, Autobahnen, Straßen und Kanäle, sind bereits heute zum überwiegenden Teil so ausgebildet, daß sie durch Fliegerbomben nicht zerstört werden können" (22).

Beachtliche luftschutztechnische Verbesserungen können erzielt werden, wenn z. B.:

1. luftempfindliche Straßen-, Eisenbahn- und Kanaldämme vermieden werden,
2. weitgespannte Brücken durch solche mit häufigen Unterstützungen ersetzt werden, um entstehende Schäden einzugrenzen und die Wiederherstellung zu erleichtern,
3. Autobahnüberführungen so getrennt werden, daß die Zerstörung einer Fahrbahn keinen Einfluß auf die Benutzbarkeit der anderen hat.

G. Bauliche Luftschutzmaßnahmen der Kunstschätze und Baudenkmäler

„Eine Vernichtung von Kunstwerken ist endgültig, ihr Verlust unwiederbringlich" (51), daher muß dem Schutz unseres künstlerischen Erbgutes, der Zeichen unserer Kultur und Geschichte, besondere Sorgfalt gelten.

Die bedeutenden Museen liegen meist im Herzen der Großstädte, nahe den Nervenzentren und wichtigen strategischen Punkten, denen die Luftangriffe gelten. Museen sind daher überwiegend luftgefährdet; sie sind aber ebenso luftempfindlich, denn die Gebäude mit ihren großen Oberlichten und Fenstern geben normalerweise ihrem Inhalt wenig oder keinen Schutz gegen die Wirkung der Luftangriffsmittel.

Für öffentliche und private Museen, Büchereien, Archive und ähnliche Kulturstätten, in denen Werke der Kunst und Wissenschaft aufbewahrt oder verwaltet werden, ist daher angeordnet worden (52):

Kulturhistorisch bedeutende und schlechthin unersetzliche Kunstwerke sind — soweit dies ohne erheblichen Nachteil für sie möglich ist — in bombensicheren Räumen unterzubringen. Für die Planung und Konstruktion dieser Bunker wird man sich zweckmäßigerweise der gleichen Grundsätze bedienen, wie sie für solche zum Schutz der Menschen gelten. Besonderer Wert ist auf Trockenheit, gute Lüftung und Heizung zu legen, um jeder Schimmelgefahr vorzubeugen.

Werke der Kunst und Wissenschaft, die wertvoll, aber nicht unersetzlich sind, können entweder in „gewöhnlichen" Luftschutzräumen in den Gebäuden selbst oder außerhalb dieser an gesicherter Stellen geschützt werden.

Alle anderen Kulturgegenstände, zu denen auch die zwar vorstehend einzugliedernden gehören, die aber wegen ihres Umfanges nicht trans-

portiert werden können, sind in ihren friedensmäßigen Räumen bestmöglichst zu schützen.

Darüber hinaus wird man sich bemühen, die Standfestigkeit und Widerstandskraft der Gebäude durch geeignete bauliche Maßnahmen zu erhöhen, um einer Einsturzgefahr vorzubeugen und etwaigen Schadensumfang zu begrenzen. Für Neubauten ergibt sich die Notwendigkeit, diese Lufthärte von vornherein vorzusehen.

Denkmäler im Freien sind, soweit möglich, von ihren Sockeln zu entfernen und in Sicherheit zu bringen. Die übrigen erhalten gehörig versteifte Sandsackpackungen, erd-, sand- oder schottergefüllte Schutzkästen oder Splitterwände aus Ziegelmauerwerk oder Beton.

Für Baudenkmäler wie Kirchen, Schlösser usw. ist ein Splitterschutz der gesamten Gebäude theoretisch denkbar, aber praktisch kaum durchführbar. Hier muß ein Teilschutz genügen. Bewegliche wertvolle Statuen, Bilder, Glasmalereien, werden entfernt und, wie oben dargestellt, geborgen. Bauteile, wie Portale, oder fest verbundene Denkmäler, wie Altäre, Kanzeln usw., erhalten Splitterschutzpackungen oder -wände.

Arbeits- und Werkstoffaufwand solcher Vorkehrungen ist erheblich, aber gerechtfertigt durch den künstlerischen, kulturellen und geschichtlichen Wert der Kunstschätze und Baudenkmäler.

H. Verdunklung

Die Erfahrungen des Krieges haben in eindringlicher Weise gezeigt und bestätigt, welche erhebliche Bedeutung die Verdunklung in der Heimatverteidigung hat und wie wesentlich ihr Anteil als Ergänzung der militärischen Luftabwehr bei den Maßnahmen zur Sicherung von Volk und Vaterland ist. Jeder hat erkannt, daß die Erfolge gegnerischer Nachtflieger nur dann vermieden oder zum mindesten geschmälert werden können, wenn nicht nur die wichtigsten Angriffsziele, die Städte mit ihren Menschen und Industrieballungen, die kriegs- und lebenswichtigen Betriebe, die Knotenpunkte des Verkehrs usw., vom Luftbeobachter nicht erkannt werden können, sondern daß es diesem auch unmöglich gemacht wird, sich auf dem Anflug an Lichterscheinungen über seinen Standort und die Lage der befohlenen Angriffsziele zu unterrichten. Solche örtlichen Hinweise benötigt der Flieger trotz der weitgehenden Entwicklung der Peilfunkgeräte, insbesondere in Zielnähe, auch heute noch (53).

Die Aufgabe der Verdunklung ist um so schwerer, als sie durchgeführt werden muß ohne oder mit möglichst geringer Störung der Wirtschaft, des Verkehrs, des Familien- und Kulturlebens. Die Erfahrungen des Krieges haben bewiesen, daß dies gelungen ist. Die Verdunklung ist dasjenige Zweiggebiet des baulichen Luftschutzes, dessen Entwicklung mit am schnellsten vorangetrieben und bereits heute — wenn auch nicht zu einem Abschluß —, so doch zu einem Stand gelangt ist, der die theoretischen Probleme weitgehend geklärt hat und es der Praxis ermöglicht, für die Mehrzahl der vorkommenden Fälle nicht nur eine, sondern mehrere Lösungen vorzuschlagen.

Die gesetzliche Grundlage bildet die Verdunklungsverordnung vom 23. Mai 1939 (54). Sie ist im Laufe der Jahre durch eine Reihe von Änderungsverordnungen, Ausführungsbestimmungen, Erlassen und Richtlinien ergänzt, erläutert und dem neuesten Stand der Erkenntnisse angepaßt worden (55).

I. Die mechanische Verdunklung

befaßt sich mit dem Abblenden der Fenster, Türen, Oberlichte, Glaswände und sonstigen Öffnungen von Baulichkeiten, aus denen Licht ins Freie dringen kann. Entsprechend ausgebildet, gepflegt und bedient, haben mechanisch verdunkelte Gebäude usw. den Vorteil, daß in ihnen jede Beleuchtungsstärke angewendet werden kann; die friedensmäßigen Ansprüche brauchen also nicht gesenkt zu werden.

Folgende Arten der Verdunklungsvorrichtungen sind im Gebrauch:

a) Verdunklungs-Blenden, das sind Papier- oder Gewebebahnen, Papp- oder Kunststofftafeln, die unmittelbar auf dem Fenster- oder Türrahmen befestigt werden. Die Rahmen sind genügend zu überdecken und die Seitenränder der Blenden mit Federklammern, Ösen usw. so zu befestigen bzw. die Papiere so zu spannen, daß jeder Lichtaustritt mit Sicherheit verhindert wird. Nicht zum Werfen neigende Werkstoffe sind vorzuziehen. Verdunklungsblenden haben den Vorzug, billig zu sein und den Nachteil, oft nur eine geringe Lebensdauer zu haben und außerdem die meisten Verdunklungsfehler zu verursachen.

b) Verdunklungs-Einsetzblenden, das sind papier- bzw. stoffbespannte Rahmen oder Platten aus Pappe oder dgl., die in die Fensternische eingesetzt werden. Genaue Paßarbeit und sorgfältige Abdichtung der Seiten gegen die Nischenwände ist Voraussetzung für den Erfolg.

c) Verdunklungs-Schalvorhänge, ein- oder zweischalig, im allgemeinen aus Geweben, unterscheiden sich von den friedensmäßigen Dekorationen durch die verwendeten Werkstoffe und die zusätzlichen Maßnahmen, um oben, unten und an den Seiten — bei zweischaligen Vorhängen auch in der Mitte — einen lichtdichten Abschluß sicherzustellen.

d) Verdunklungs-Zugrollhänge rollen die Bahnen auf eine obere Welle auf. An ihrem unteren Ende werden die Bahnen aus Holzdrahtgewebe, Wachstuch- oder Kunstleder-ähnlichen Verdunk-

lungsstoffen, Verdunklungspapieren oder -folien mit einem Fallstab beschwert. Zugrollhänge werden, ebenso wie Schalvorhänge und die unten beschriebenen Spring- und Fallrollhänge, grundsätzlich auf der Nische angebracht. Einbau in ihr führt zu Fehlern, da keine genügende Überdeckung geschaffen werden kann und die vorstehenden Fensterbeschlagteile das notwendige feste Anliegen des Vorhanges unmöglich machen.

e) Verdunklungs-Springrollhänge verwenden die bekannten Selbstroller mit den gleichen Werkstoffen wie oben angegeben. Das letztere gilt auch für

f) Verdunklungs-Fallrollhänge, deren Kennzeichen der obere feste Trag- und der bewegliche Wickelstab sind.
Abb. 85—88 zeigen die typisierten Ausführungen von Verdunklungs-Schal-, -Zugroll-, -Springroll- und -Fallrollhängen für senkrechte Einzelfenster normaler Größe (vgl. auch 53, 2 u. 65).

g) Verdunklungs-Faltvorhänge sind eine Abart des Fallrollhanges, bei der das Verdunklungspapier durch Faltenverstärkungen gut querversteift wird. Damit wird erzielt, daß die Seiten der Bahn dicht auf der Wand aufliegen.

h) Äußere Klapp- und Rolläden, für Verdunklungszwecke lichtdicht hergestellt, schützen in geschlossenem Zustand gleichzeitig mehr oder weniger die hinter ihnen liegenden Verglasungen vor dem Luftdruck von Sprengbomben-Weittreffern. Sie mindern damit den Scheibenbruch und etwaige mittelbare Schäden durch Witterungseinflüsse.

i) Brettchenvorhänge (Jalousien) in üblicher Ausführung dichten allein nicht genügend ab. Werden jedoch durch seitliche Andrückleisten die Brettchen aneinandergepreßt, so kann hierdurch in Verbindung mit der Nutzung vorhandener Vorhänge sowie gegebenenfalls einer Abschirmung der Lichtquellen nach dem Fenster hin eine ausreichende Verdunklung erzielt werden.

Für Großanlagen, wie sie für die Verdunklung großer Fenster, senkrechter Lichtbänder, Glaswände usw. nötig werden, sind über die vorstehenden Ausführungen hinaus Sonderkonstruktionen entwickelt worden, wie Schwingklappen, waagerechte Rollbahnen, Schiebeplatten usw. Bei ihnen wird häufig die Einzelbetätigung von Hand durch elektrischen Gruppenantrieb ersetzt.

Von allen Verdunklungsvorrichtungen wird verlangt, daß sie zweckmäßig ausgeführt, dauerhaft, sowie leicht und einfach zu bedienen sind. Immer wird anzustreben sein, nicht behelfsmäßige, sondern endgültige mechanische Verdunklungsvorrichtungen einzubauen. Die zunächst höheren Kosten machen sich durch die Lebensdauer, die Vermeidung von Ausbesserungen und die Erfolgsicherheit bezahlt. Die in Altbauten häufig auftretenden Schwierigkeiten beim nachträglichen Anbringen

Erklärungen zu den Abbildungen 85–88
(siehe S. 277–280)

Abbildung 85.

1 Gardinenbrett und Metall-Laufschienen (oder Holzvorhangschiene)
2 a) Holzblende von mind. 10 cm Breite oder
b) Querbehang aus lichtdichtem Stoff von mind. 15 cm Breite
bei einschaliger Ausführung: unmittelbar neben der Schiene
bei zweischaliger Ausführung: zwischen den Schienen
3 Trageisen für Mauerwerk oder Holz
4 LS.-Verdunklungsstoff mit Hohlsaum an den festen Seiten
5 Rollringe oder Gleitstücke
6 Zugvorrichtung über Rollen oder Porzellanringe laufend
7 Holzleiste zum Befestigen der Seitenränder an der Wand
8 Autowirbel, Knopfstrippen und Knopfnägel oder dgl. an den Schalecken.

Abbildung 86.

1 Gardinenbrett und Rollhangträger
2 a) Winkelblende aus Holz, mind. 12 cm hoch und 3 cm tief oder
b) Querbehang aus lichtdichtem Stoff von mind. 15 cm Breite mit Beschwerung
3 Trageisen für Mauerwerk oder Holz
4 Rollhangwelle mit Schnurscheibe
5 Zugschnur mit Haltevorrichtung
6 LS.-Verdunklungsstoff oder -papier
7 Fallstab
8 a) Rollhangandrücker auf höchstens je 50 cm Seitenlänge
b) oder Andrückklappen mit Federscharnieren
c) oder Führungsschienen
9 Ringschrauben, Autowirbel, Knopfstrippen oder dgl. zum Befestigen des Fallstabes an der Wand

Abbildung 87.

1 Gardinenbrett und Rollhangträger
2a) Querbehang aus lichtdichtem Stoff von mind. 15 cm Breite mit Beschwerungssaum oder
b) Winkelblende oder Schutzkasten aus Holz, mind. 12 cm hoch und 3 cm tief
3 Trageisen für Mauerwerk oder Holz
4 Federwelle
5 LS.-Verdunklungsstoff oder -papier
6 Fallstab mit Zugkordel
7 a) Rollhang-Andrücker auf höchst. je 50 cm Seitenlänge oder
b) Andrückklappen mit Federscharnieren oder
c) Führungsschienen
8 Ringschrauben, Autowirbel, Knopfstrippen und Knopfnägel oder dgl. zum Befestigen des Fallstabes an der Wand

Abbildung 88.

1 Tragleiste mit Porzellanringen
2 LS.-Verdunklungsstoff oder -papier
3 Wickelstab
4 a) Zugschnüre mit Haltevorrichtung oder bei Handaufrollung:
 b) Tragband mit Ring und Haken
5 Rollo-Andrücker auf höchstens je 50 cm Seitenlänge
6 Ringschrauben, Autowirbel, Knopfstrippen und Knopfnägel oder dgl. zum Befestigen des Wickelstabes an der Wand

von Verdunklungsvorrichtungen lassen sich bei Neubauten und entsprechender Planung unschwer vermeiden. Die friedensmäßige Nutzung endgültiger Verdunklungsvorrichtungen als Wetter-, Sonnen- und Wärmeschutz macht die Aufwendungen nicht nur wirtschaftlich, sondern trägt auch zur laufenden Benutzung der Vorkehrungen und zur Überwachung ihres ordnungsmäßigen Zustandes bei (53).

Gewerbsmäßig hergestellte Verdunklungsvorrichtungen bedürfen einer Vertriebsgenehmigung der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz, Berlin. Die Luftschutzverdunklungsmittel (Luftschutzverdunklungsstoffe, -papiere usw.) müssen den „Gütevorschriften" entsprechen (56).

2. Lichttechnische Verdunklung

a) Maßnahmen innerhalb der Gebäude.

Blaues Licht ist vorgeschrieben für Verkehrsräume, deren Ausgänge unmittelbar ins Freie führen (Eingangshallen, Vorräume, Hauseingänge, Windfänge, Flure, Lichtschleusen) sowie für Innenräume, deren Fenster und Außentüren zwar lichtdicht abgeblendet sind, aber gelegentlich unter Beibehaltung einer schwachen Beleuchtung geöffnet werden (z. B. Räume in Krankenanstalten, Schlafzimmer). Solche Räume sind neben der Normalbeleuchtung mit Blaulichtleuchten auszustatten, die jedesmal vor dem Aufblenden der Fenster und Außentüren an Stelle des weißen Lichtes einzuschalten sind (57). Für die fabrikmäßige Herstellung blauer Glühlampen sind Richtlinien erschienen (59). Zulässig ist auch das Vorsetzen blauer Filter. Bis Ende Februar 1942 durften vorhandene Glühlampen auch in einem Tauchverfahren blau gefärbt werden (58).

In vorstehender Aufzählung nicht genannte Räume, vorwiegend der Industrie, in denen nur schwaches Dämmerlicht zum Zurechtfinden nötig ist und für deren mechanische Verdunklung unverhältnismäßig großer Aufwand erforderlich würde, sowie in großen Räumen mit kleinen Arbeitsstellen, an deren Fenster nicht lichtdichte Vorhänge vorhanden sind, können weiterhin verwendet werden:

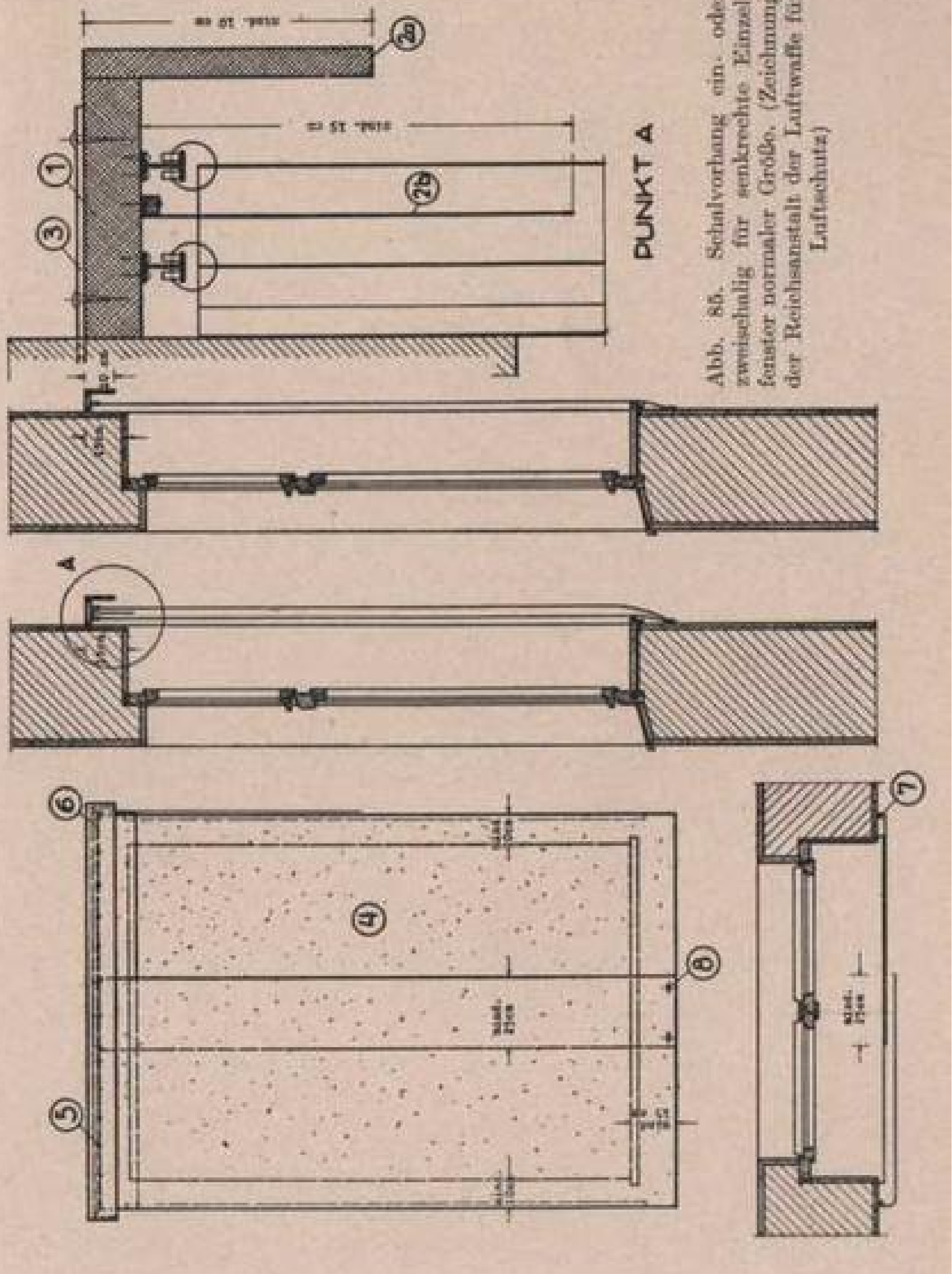
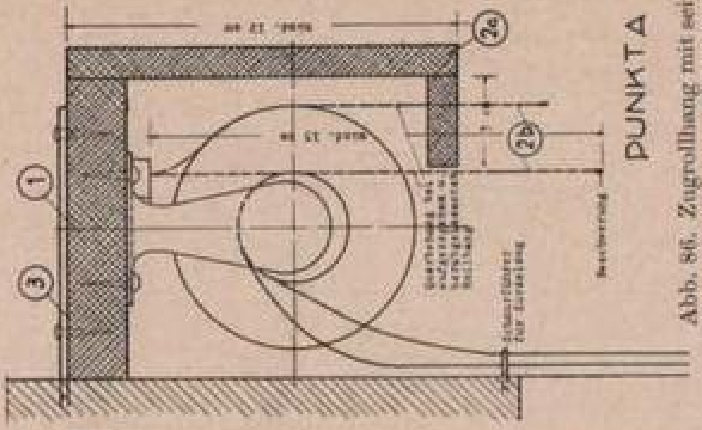


Abb. 85. Schalvorhang ein- oder zweiseitig für senkrechte Einzelfenster normaler Größe. (Zeichnung der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz)



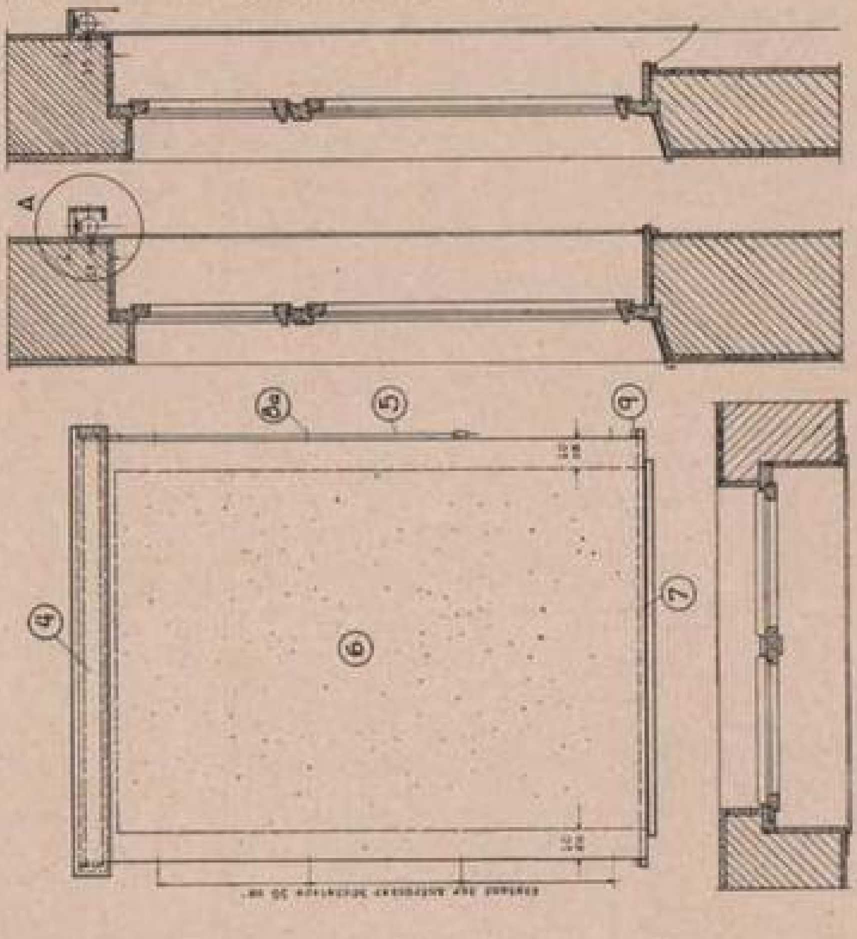
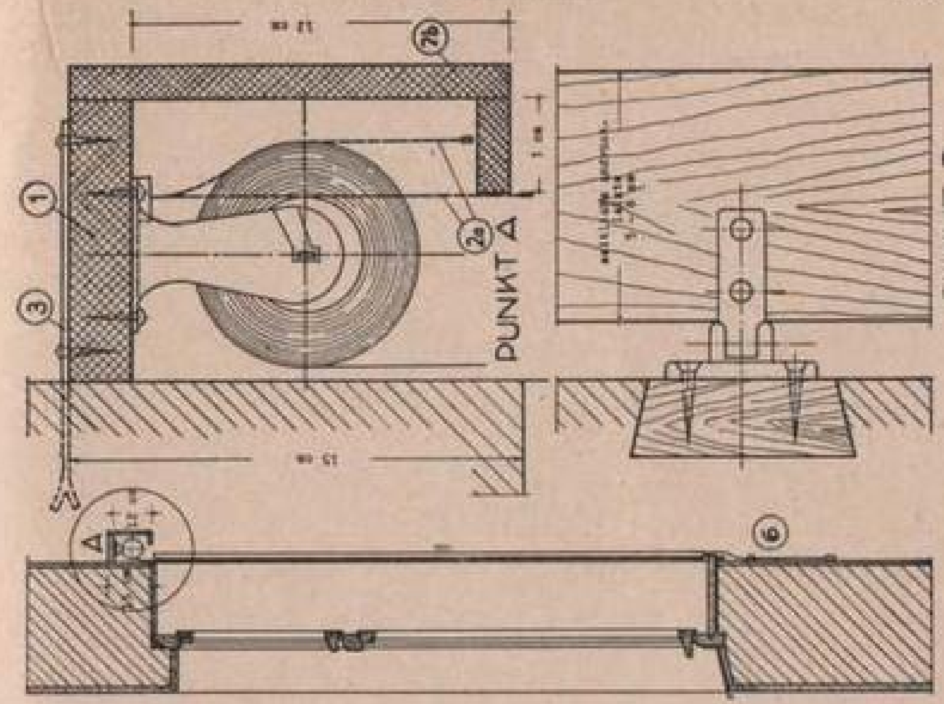


Abb. 86. Zugrollhang mit seitlichen Andrückern oder Führungsschienen für senkr. Einzelfenster normaler Größe. Zeichnung der Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz



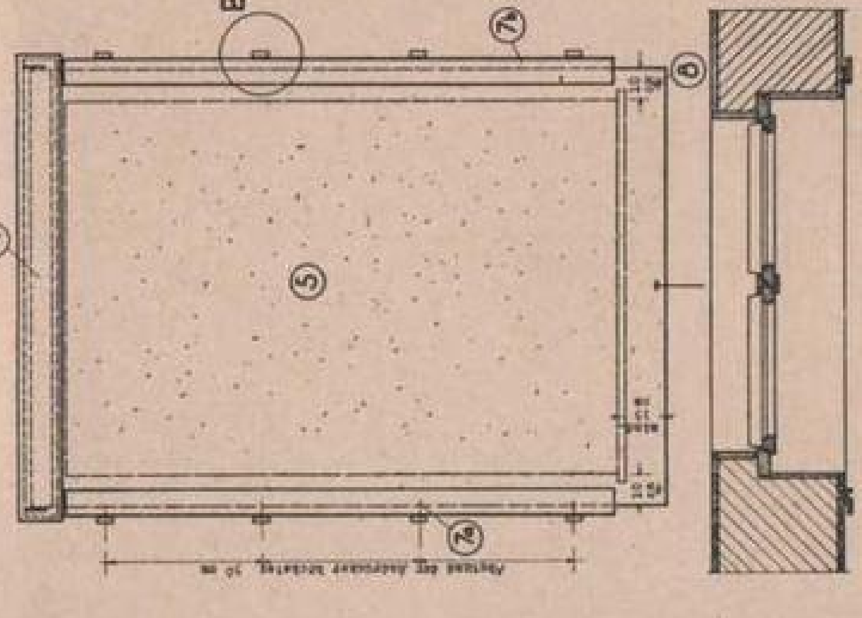


Abb. 87. Springrollhang mit seitlichen Andrückern für senkr. Einzelfenster normaler Größe

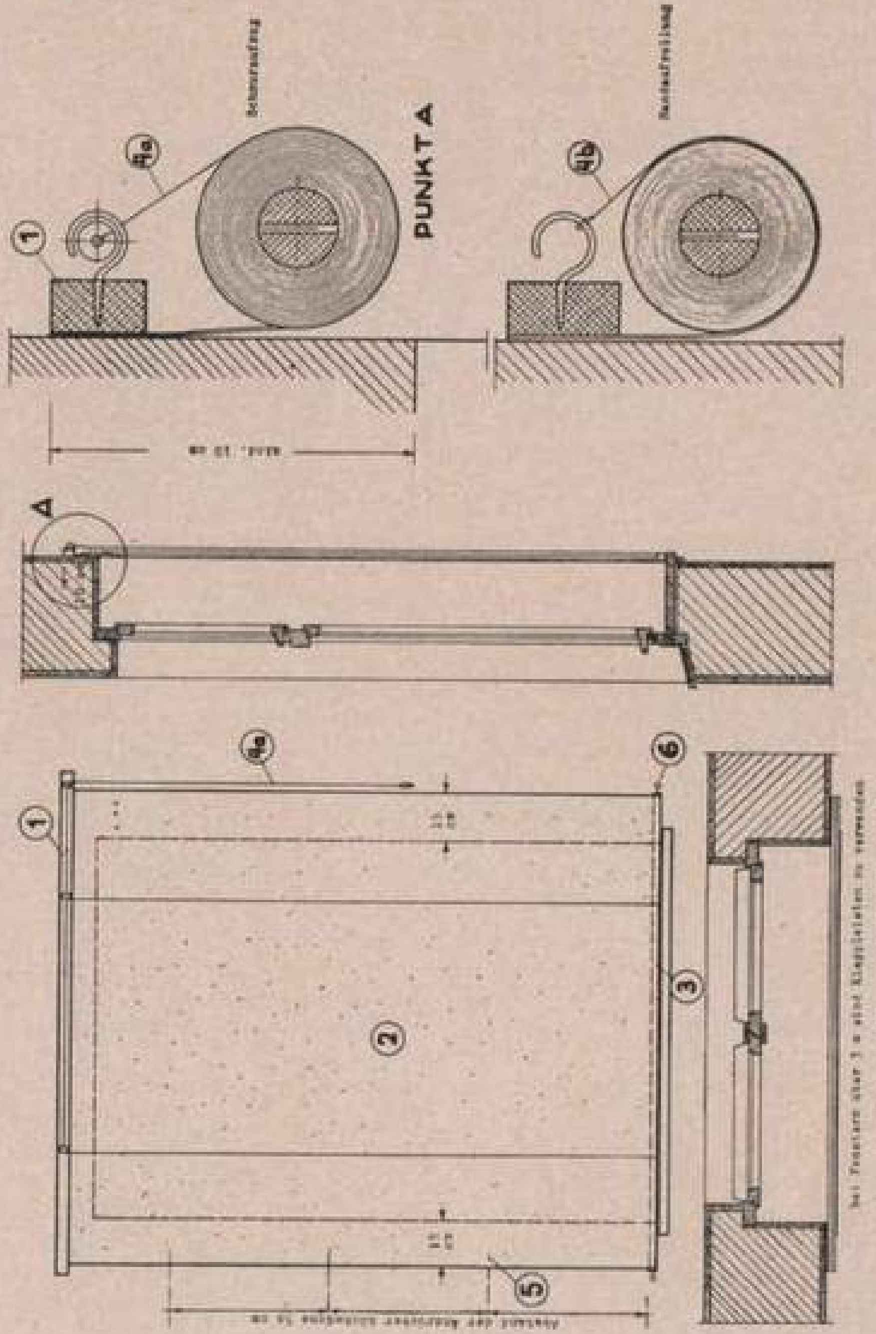


Abb. 88. Fallrollhang mit Schnur- oder Handaufrollung für senkr. Einzelfenster normaler Größe

Luftschutzleuchten und -blenden,
Luftschutzglühlampen,
Spannungsabsenkung durch Widerstände, besser durch Transformatoren.

Schwache Helligkeiten können auch von Leuchtfarbenanstrichen nach vorhergegangener Anregung abgegeben werden. Decken und Wände von Luftschutzräumen z. B. werden häufig in dieser Weise gestrichen oder mit entsprechend behandelten Folien belegt, um beim Ausfall normalen Lichtes eine Notbeleuchtung für gewisse Dauer zu besitzen. Leuchtfarben eignen sich auch, um Ein- und Ausgänge, Treppen usw. oder Betriebseinrichtungen zu kennzeichnen.

b) Arbeitsstellen im Freien

so zu beleuchten, daß sowohl die Luftschutzforderungen wie die arbeitstechnischen Wünsche erfüllt werden, gehört infolge der naturgegebenen Gegensätzlichkeit dieser beiden Faktoren zu den schwierigsten Aufgaben des Sachgebietes. Doch auch hier sind durch Ausschöpfen aller lichttechnischen und organisatorischen Möglichkeiten durch den Fachmann befriedigende Lösungen zu erzielen. Nur kleine Flächen, nur wirkliche Arbeitsstellen beleuchten, also keine Allgemeinbeleuchtung, kein Anstrahlen von Bauwerken, bei Einzelarbeiten mit nicht vermeidbaren besonderen Lichterscheinungen: Abschirmzellen, bei zusammenhängenden Arbeiten: Teilüberdeckungen, gut nach oben abschirmen — das sind einige der Grundsätze. Reicht die zugelassene Helligkeit nicht aus, können unter gewissen Umständen und für bestimmte Zeit Erleichterungen gewährt werden.

c) Verkehrsweg- und Verkehrszeichenbeleuchtung.

Die für die Zwecke des Luftschutzes entwickelten Luftschutz-Richtleuchten (60) sollen den Verkehr lenken und gleichzeitig Fahrzeugführern und Fußgängern dienen. Richtleuchten mit einer Kennung (das ist ein waagerechter Lichtstreifen in der Leuchte) sollen den Verlauf der Fahrbahn einwandfrei kennzeichnen, solche mit zwei Kennungen auf wirkliche Gefahrenstellen, z. B. wichtige Straßenkreuzungen, aufmerksam machen.

Für beleuchtete Verkehrszeichen und der Verkehrssicherheit dienende Lichtquellen (Verkehrs- und Warnzeichen, Schildkröten, Haltestellensäulen, Bau- und Gefahrenstellen) mit Ausnahme von Signalen und Verkehrsampeln ist Blaulicht vorgeschrieben (57).

d) Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zum besseren Zurechtfinden während der Verdunklung.

Hinweisschilder- und -schriften haben sich als gute Hilfe erwiesen, um öffentliche Einrichtungen, Geschäfte, Hotels, Gaststätten, Theater, Lichtspielhäuser usw. zu kennzeichnen. Sie werden in vielerlei Form und Größe ausgeführt als angeleuchtete Schilder, Durchleuchtschilder

(Transparente), Ausschnittschilder (Schablonen) Leuchtfarbenschilder, Leuchtkästen mit Glas-, Cellophan-, Papiereinsätzen (61).

Für Hinweisschilder zur Kennzeichnung öffentlicher Einrichtungen sind bestimmte Farben und Kennzeichen vorgesehen, alle übrigen Hinweisschriften und -schilder müssen dunkelblaues Licht verwenden.

Weiße Hinweisanstriche (62) sind vorgeschrieben für Bord- und Häuserkanten, Gehbahnbegrenzungen, Treppen, Stufen, Geländer, Hydranten, Bäume, Masten, Pfeiler, Zäune und sonstige Verkehrshindernisse, die in der Geh- oder Fahrbahn liegen. Dieser, für eine sichere und ungehinderte Abwicklung des Straßenverkehrs bedeutsamen Maßnahme ist fortgesetzt besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Leuchtfarbenanstriche im Freien, meist durch nichtnachleuchtende Leuchtfarben, die durch Ultraviolettstrahler angeregt werden, werden bisweilen auf Plätzen, Straßenkreuzungen usw. angewandt, auf denen eine größere Anzahl kleinerer Markierungen von einer Lichtquelle aufgeladen werden. Hand- und Taschenlampen, die im Freien verwendet werden, müssen blaues Licht ausstrahlen.

e) Beleuchtung der Landfahrzeuge.

Die Vorschriften der Verdunklungsverordnung sind durch die Ausführungsbestimmungen vom 4. Juli 1941 (63) und 14. November 1941 (64) überholt bzw. ergänzt worden. Sie regeln die Beleuchtung bzw. Verdunklung der Kraftwagen, Kraft- und Fahrräder, Fuhrwerke, Handwagen, Ladungen, Straßen-, Hoch-, Untergrund-, Schwebe- und Seilbahnen.

3. Verdunklung industrieller Feuererscheinungen (65)

Die zu ergreifenden Maßnahmen sind je nach Art, Größe und Lage des Betriebes verschieden. Mit Lichterscheinungen verbundene Arbeiten sollen möglichst innerhalb von Gebäuden vorgenommen werden. Arbeitsplätze, Betriebsvorgänge oder Bauteile, die sich nicht in geschlossene Hallen verlegen lassen, müssen weitmöglichst überdacht und abgedeckt werden. Schräge oder liegende Oberlichter sind unerwünscht. Die Raumöffnungen müssen durch Läden, Brettchenvorhänge, Blenden, Verschalungen, bewegliche Blechschirme und -schürzen, Schiebetore, abgeblendet werden.

4. Die Raumbelüftung bei Verdunklung

Ein großer Teil der Verdunklungsmaßnahmen an den Lichtaustrittsöffnungen erschwert oder verhindert während der Verdunklung die sonst durch Öffnen der Fenster herbeigeführte oder hierdurch unterstützte Belüftung der Räume. In Wohnungen führt dies kaum zu einer zu beanstandenden Luftverschlechterung. In gewissen Betriebsstätten dagegen kann die fehlende oder unzureichende Lüftung zu einer Gesundheitsschädigung der Arbeitskräfte führen, die Arbeiten erschweren oder

sogar unmöglich machen. In solchen Fällen müssen gleichzeitig mit der Verdunklung mechanische oder maschinelle Maßnahmen zur Belüftung bzw. Luftverbesserung getroffen werden (53).

* * *

Die Zusammenstellung zeigt, daß technisch einwandfreie Lösungen für alle Verdunklungsfälle vorliegen. Um mit ihnen jedoch das Ziel der Verdunklung zu erreichen, bedarf es der Mitarbeit, des Verständnisses, der Sorgfalt und strenger Disziplin jedes einzelnen zu jeder Zeit. Auch der kleinste Fehler rächt sich hier. „Jeder muß wissen, daß das Friedensschlagwort: „Licht lockt Leute" auch im Kriege gilt, nur daß es hier nicht den Käufer, sondern den Feindflieger anzieht, der darauf ausgeht, den Verteidigungswillen des Volkes zu treffen und die Moral der Heimat zu lockern." Deshalb ist sachgemäßer und sorgfältiger Verdunklung stets größtes Augenmerk zuzuwenden (66).

J. Tarnung

In vergangenen Zeiten wurde in der Baukunst prinzipiell gefordert, allen öffentlichen und Verwaltungsgebäuden sowie der Mehrzahl der Industriebauten von Bedeutung eine so charakteristische Form zu geben daß sie für jeden Betrachter als solche zu erkennen waren. Hinzu kam der Wunsch, durch Baumassen zu wirken, die Bedeutung der Anlage zu unterstreichen, monumentale Mittelpunkte zu schaffen.

Für einen Großteil Neubauten der genannten Art muß dieser Grundsatz im Hinblick auf die Folgen ihrer etwaigen Zerstörung auf das Kriegspotential in das Gegenteil verkehrt werden. Mehr sein als scheinen heißt auch hier die Parole. Es ist heute grundfalsch, wenn Wehrmachtanlagen, kriegs- und rüstungswichtige Betriebe sowie Zentralen der geistigen Widerstandskraft markant aus ihrer Umgebung hervorstechen oder wenn sie durch benachbarte Großorientierungspunkte einwandfrei erkannt werden können. In beiden Fällen wird der Flieger nicht nur aufmerksam gemacht, sondern ihm gleichsam das Ziel gewiesen und ihm geholfen, seinen Auftrag durchzuführen. Solches Handeln ist baulicher Landesverrat.

Sofern nicht in wenigen Ausnahmefällen übergeordnete repräsentative oder sonstige zwingende Gesichtspunkte eine abweichende Lösung (und damit verstärkte baukonstruktive sowie militärische Schutzmaßnahmen) erfordern, müssen solche Anlagen bestmöglichst der Beobachtung des Gegners aus der Luft entzogen werden.

Dies geschieht schon in gewissem Umfange, wenn die in den vorigen Abschnitten mehrfach dargelegten Forderungen, aufzulockern und zu verteilen, die Anlagen durch bebauungsfreie Schutzzonen von Wohn-

vierteln zu trennen, die Größe der Industrieviertel ebenso wie der Einzelwerke zu begrenzen, erfüllt werden.

Die Aufgabe der Tarnung verlangt darüber hinaus besondere Aufmerksamkeit zunächst bei der Standortwahl. Hier gilt es, für bedeutsame Werke jede Lage an auffälligen Geländepunkten zu vermeiden. Abb. 89 zeigt solche ungünstigen Standorte

1. durch Kreuzung Straße — Reichsautobahn,
2. durch Kreuzung Eisenbahn — Reichsautobahn,
3. durch Flußmündung,
4. durch kleine Insel an Flußmündung,
5. durch Eisenbahnabzweig,
6. durch kleines, auffällig geformtes Waldstück,
7. durch charakteristische Flußkrümmung.

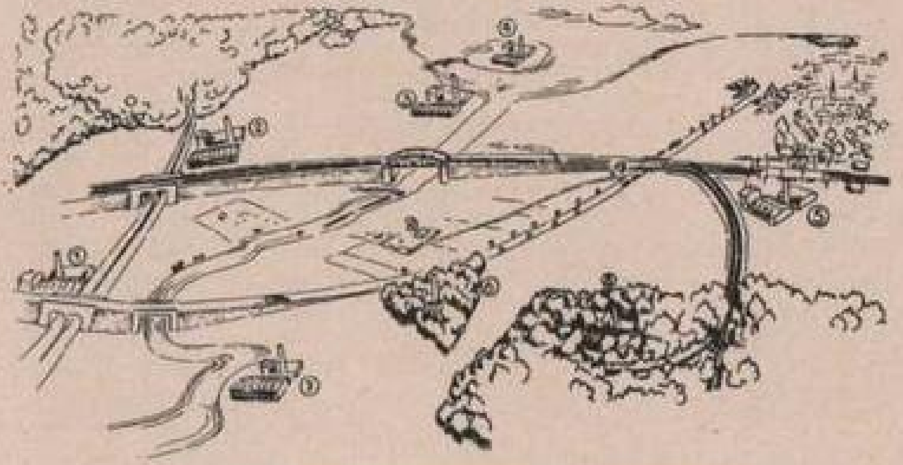


Abb. 89. Tarnungsgrundsätze bei der Standortwahl

Zweckmäßig dagegen ist die Lage 8. am Waldrand durch ihre natürliche Deckung. Dieser Standort zeigt auch einen anderen wesentlichen Grundsatz der Tarnung. Selbst wenn sonst alle Wünsche auf gute Einfügung in die Umgebung weitgehend erfüllt sind, verraten häufig die Zufahrtsstraßen und Eisenbahngleise, die gleich Pfeilen den Luftbeobachter zu dem von ihm gesuchten Objekt leiten, die Anlage. Hier dagegen fährt die Eisenbahn in größerem Abstande vorbei und der Abzweig ist einwandfrei durch den Wald getarnt.

Immer kommt es bei der Standortwahl darauf an, die Geländeeigentümlichkeiten geschickt zu nutzen. So können, wenn nötig, wertvolle Werke oder ihre Teile in Berghänge hineingeschoben und so der Sicht entzogen werden. Meist aber wird es schon genügen, sie dem

Blickschutz von Bäumen und Anpflanzungen anzuvertrauen, die immer beste Helfer sind, wenn es gilt, Umrisse und Schlagschatten zu zerreißen. Baulich entsprechend gegliederte, in Wäldern versteckte Anlagen haben größte Sicherheit, nicht gefunden und damit von Angriffen verschont zu werden.

Die Gesamtanordnung der Gebäude muß so gewählt werden, daß keine auffälligen, aus dem Geländebild herausfallenden Formen entstehen. Bauten und Straßen in Ring- oder sonstiger ungewöhnlicher Anordnung inmitten vorwiegend rechteckiger Straßenführung sind ebenso abwegig wie geballte, massige, typische Industriegebäude in ländlicher Siedlung. Jede Häufung bringt Gefahr. Seien es viele auf engem Raum gedrängt gelagerte Tankbehälter, seien es die Wegweiser einer Reihe großer Schornsteine. Bauten kleinen Rauminhaltes mit unauffälligen Formen in der Bauweise der Umgebung tragen dazu bei, daß ihre Zusammengehörigkeit aus der Luft nicht erkannt wird. Der Grenzzaun darf dementsprechend nicht als hohe Mauer, sondern muß als wenig sichtbares Drahtgitter oder als Naturhecke usw. ausgebildet werden.

Unauffällig müssen auch Oberflächen und Farben der Bauten und Straßen sein. Dies gilt nicht nur für die Tag-, sondern auch die Nachtbeobachtung. Gebäude mit hellen Außenseiten sind nachts bei Abwurf von Leuchtbomben oder bei Mondlicht besonders gut erkennbar. Daher dürfen — zunächst für die Dauer des Krieges — bei Neu-, Um- und Erweiterungsbauten, sowie bei Hausinstandsetzungen, die Außenflächen von Gebäuden nicht mehr hell geputzt oder gestrichen werden; sie sind vielmehr dunkel zu halten und der Umgebung anzupassen (67).

Sinngemäß das gleiche trifft zu für die Straßendecken.

Verräterisch wirken auch große Glasflächen. Sie spiegeln im Sonnen-, Mond- und Leuchtbombenlicht und zeigen dadurch den feindlichen Fliegern willkommene Abwurfsziele. Großflächige, schräge und liegende Glasfenster innerhalb der Stadtgebiete oder in der Nähe wichtiger Anlagen müssen daher durch Aufbringen farbloser Blendschutzfarben mattiert und damit die Spiegelungen beseitigt werden. Da die Arbeitsbedingungen in den Räumen nicht wesentlich beeinträchtigt werden sollen, darf die Lichtdurchlässigkeit des matten Anstrichs nicht weniger als 50% betragen. Für Blendschutzfarben liegen „Gütebedingungen“ vor (68).

Ein weiteres Merkmal der Luftbeobachtung sind Feuer- und Raucherscheinungen. Die Verdunklung industrieller Feuererscheinungen ist unter H. 3 behandelt. Die Beseitigung des Rauches ist eine zwar schwierige, aber — wie durchgeführte Beispiele zeigen — befriedigend zu lösende Aufgabe des Heizungsingenieurs.

Alle angeschnittenen Probleme der Tarnung werden um so leichter zu voll befriedigenden und erfolgversprechenden Ergebnissen führen,

wenn der Planer vor und bei der Entwurfsarbeit sowie während der Durchführung seiner Bauten jeweils das Luftbild zu Rate zieht und die daraus abzulesenden Erkenntnisse berücksichtigt. Häufiges Überfliegen und Beobachten des Baugeländes ist daher unbedingt erforderlich.

Nur selten wird es notwendig sein und mit den rein baulichen Mitteln gelingen, die Anlagen vor dem scharfen Auge der Kamera und der Luftbildauswerter zu verbergen. In den meisten Fällen ist es ausreichend, wenn der Luftbeobachter selbst, der durch die Geschwindigkeit seines Flugzeuges, durch Wolken, Nebel, gegebenenfalls auch durch die Bodenabwehr am ruhigen Suchen gehindert ist, die Anlage nicht mehr erkennen kann. Denn damit wird der Anflug verhindert und gezielter Bombenabwurf unmöglich.

In Kriegszeiten müssen vorhandene Mängel durch zusätzliche, behelfsmäßige Maßnahmen abgestellt werden. Sie bestehen vorwiegend darin, durch Bespannen mit möglichst wetterfesten und nicht brennbaren Matten Umrisse und Schlagschatten von Hoch- und Ingenieurbauten und natürlichen Großorientierungspunkten zu beseitigen.

K. Bauliche Luftschutzmaßnahmen des Auslandes

Der Zeitpunkt der Herausgabe und der Inhalt der amtlichen Luftschutzbauanordnungen des Auslandes war trotz des gleichen Themas in den verschiedenen Ländern stark unterschiedlich. Das gleiche trifft zu auf den Umfang der durchgeführten Maßnahmen. Die nachstehende Zusammenstellung — die infolge der Kriegszeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann — soll einen Überblick geben, insbesondere über die erlassenen amtlichen Bestimmungen. Diese befassen sich vornehmlich mit dem Luftschutzraumbau. Städtebauliche und konstruktive Fragen werden nur wenig behandelt.

In Belgien beruhte der Luftschutzraumbau lange Zeit auf dem Grundsatz der Freiwilligkeit. Erst im Oktober 1939 wurde der Ausbau von „Familienluftschutzräumen" in Kellern von Neu- und Umbauten verpflichtend vorgeschrieben.

In Dänemark war beabsichtigt, die baulichen Luftschutzfragen in dem geplanten neuen Baugesetz zu verankern. Nachdem sich jedoch 1937 zeigte, daß bis zur Verabschiedung des Baugesetzes noch erhebliche Zeit vergehen würde und da zugleich die Dringlichkeit der Lösung der durch den Luftschutz dem Bauwesen gestellten Aufgaben erkannt wurde, trennte man die den baulichen Luftschutz behandelnden Fragen vom Baugesetz ab und regelte sie 1938 gleichzeitig durch das Luftschutzgesetz.

In Frankreich erschien im November 1931 die vom Ministerium des Innern herausgegebene „Praktische Anweisung über die passive Verteidigung gegen die aus der Luft kommenden Angriffe" (Instruction pratique sur la défense passive contre les attaques aériennes), die in den folgenden Jahren durch mehrere Nachträge, auch bautechnischen Inhaltes, ergänzt wurde. „L'annexe Nr. 4" befaßt sich mit dem Luftschutzraumbau. Die Anwendung dieser „Instruction" war früher nur empfohlen; April 1935 wurde sie durch Gesetz für unbedingt verbindlich erklärt. Bedeutungsvoller und den neuesten Erkenntnissen angepaßt ist die Verordnung des Seinepräfekten vom März 1940 über „Die Neubauten, die dem Regulativ der passiven Verteidigung unterworfen sind" (Arrête interpréfectional concernant les constructions neuves soumises à la réglementation de la défense passive); sie schreibt den splitter-, trümmer- und gassicheren Luftschutzraumbau vor.

In England werden die Belehrungen über die Maßnahmen des baulichen Luftschutzes vom ARP. (Air raid protection) Department im Ministerium des Innern herausgegeben. Aus der Fülle der Abhandlungen vor Kriegsausbruch sind zu nennen die beiden Flugschriften „Einrichtung von oberirdischen privaten Luftschutzräumen" (Directions for the Erection of domestic surface Shelters) und „Einrichtung von Luftschutzräumen in Kellern" (Provision Air Raid Shelters in Basements). Umfangreiche Angaben enthält auch Luftschutz-Handbuch Nr. 6 (Air Raid Precautions, Handbook Nr. 6), Luftschutzmaßnahmen in Fabriken und Geschäftshäusern (Air Raid Precautions in Factories and business premises).

In Italien sind die baulichen Luftschutzmaßnahmen durch ein Königl. Dekret vom 25. Mai 1936 Nr. 1553 über die Ausgestaltung städtischer Tunnels zu Sammelschutzräumen (Norme per l'utilizzazione, come ricoveri permanenti controaerei, delle gallerie urbane da construire) und das Gesetz vom 10. Juni 1937 (ursprünglich Dekret vom 24. September 1936) Nr. 1527 über die Herstellung von Luftschutzräumen in Neubauten (Norme circa l'obbligo dell apprestamento di un ricovero antiaero in ciascun fabbricato di nuova construzione, ad in corso di construzione, ad uso di abitazione) behördlich geregelt worden. Sie werden ergänzt durch die Richtlinien der interministeriellen Luftschutzkommission über die sparsame Verwendung von Stahl in Luftschutzraumbauten vom 9. März 1938.

Im ehemaligen Jugoslawien begann man erst unter dem Eindruck des europäischen Krieges im Herbst 1939 mit baulichen Luftschutzmaßnahmen. Die Hausbesitzer in den Städten wurden verpflichtet, Luftschutzräume herzurichten, vor allem vorhandene Keller auszubauen. Ähnlich lagen die Verhältnisse in Griechenland (70); hier wurden jedoch die Maßnahmen mit Nachdruck und Geschick vorangetrieben.

In **Norwegen** ist in der Annahme, daß das Land weit abseits der möglichen europäischen Konflikte liege, wenig für den baulichen Luftschutz geschehen. Zunächst regelten nur örtliche Vorschriften den Luftschutzraumbau. Seit Juli 1940 besteht eine Bauverpflichtung bei Neubauten.

Die ehemalige Republik **Polen** hat zwar erst spät, aber dafür ziemlich umfassend die Luftschutzbaubelange geregelt durch die am 29. April 1938 erlassene Verordnung des Ministerrates über die „Vorbereitung des Luft- und Gasschutzes zu Friedenszeiten im Bereich der Regulierung und Bebauung von Siedlungsgelände sowie des öffentlichen und privaten Bauwesens“ und die Verordnung des Ministerrates über „die zur Friedenszeit erfolgende Vorbereitung des Luft- und Gasschutzes im Bereich des gewerblichen Bauwesens“. Sie gaben u. a. folgende Vorschriften:

Gewerbliche Ortsteile in geringem Flächenausmaß und großer Entfernung voneinander anlegen. Höchstgröße gehäufter Anlagen = 10 ha. Bei unvermeidbaren größeren Anlagen auflockern und trennen durch 150 m breite Grünstreifen. Größenverhältnis gewerblicher Ortsteile zur gesamten Stadtfläche = 1:7 (Abb. 90).

In der **Schweiz** erschienen im Juli 1936 die von der Eidgenössischen Luftschutzkommission herausgegebenen „Technischen Richtlinien für den baulichen Luftschutz“, die zwar nicht in dem Sinne zwingenden Charakter haben, daß sie vorschreiben, wer bauliche Luftschutzmaßnahmen vornehmen muß, aber in besonders klarer und umfangreicher Weise den Baufachleuten Angaben über Fragen der Hauskonstruktion und des Luftschutzraumbaues vermitteln. Seit Juni 1940 ist auch die Schweiz dazu übergegangen, die Freiwilligkeit des Luftschutzraumbaues zu beschränken bzw. aufzuheben.

Von außereuropäischen Ländern sei hingewiesen auf die Ansichten in **Japan**. Dort nehmen die Luftschutzverordnungen und Gesetze Rücksicht auf die überwiegende Zahl der Holzhäuser. Bei Neubauten dieser Art müssen seit 1939 die Außenseiten feuerfest umkleidet und bei Bauvorhaben bestimmter Größe Luftschutzräume aus Eisenbeton vorgesehen werden. Für Eisenbetonbauten, die gleichzeitig erdbebensicher sein müssen, gelten andere Vorschriften als in Europa. Die oberste Stockwerksdecke aus dicker Eisenbetonplatte wird als wichtigster Schutz für das Haus und seine Bewohner angesehen. Luftschutzräume können in solchen Bauwerken nicht nur im Keller, sondern auch in den oberen Stockwerken angelegt werden (71).

Aus den **USA.** sind noch keine amtlichen Verlautbarungen über den baulichen Luftschutz bekannt. Aus den Veröffentlichungen des Fachschrifttums (72) (73) ist jedoch zu entnehmen, daß man dort aufmerksam die in der alten Welt entwickelten Ansichten und durchgeführten Absichten verfolgt und für eigene Zwecke auswertet. Das gilt auch für

die Industrieplanung. Abb. 91 gibt einen Vorschlag für ein neues Werk wieder, mit unregelmäßig verteilten, aufgelockerten, im Schutz von Wäldern und Bäumen angeordneten Gebäudegruppen. Die Anlage ist den örtlichen Verhältnissen gut angepaßt, in die Linien der Landschaft eingefügt.

Der vorstehende Überblick zeigt, daß die Mehrzahl der Großmächte die Fragen des baulichen Luftschutzes seit längerem stärkstens beachtet

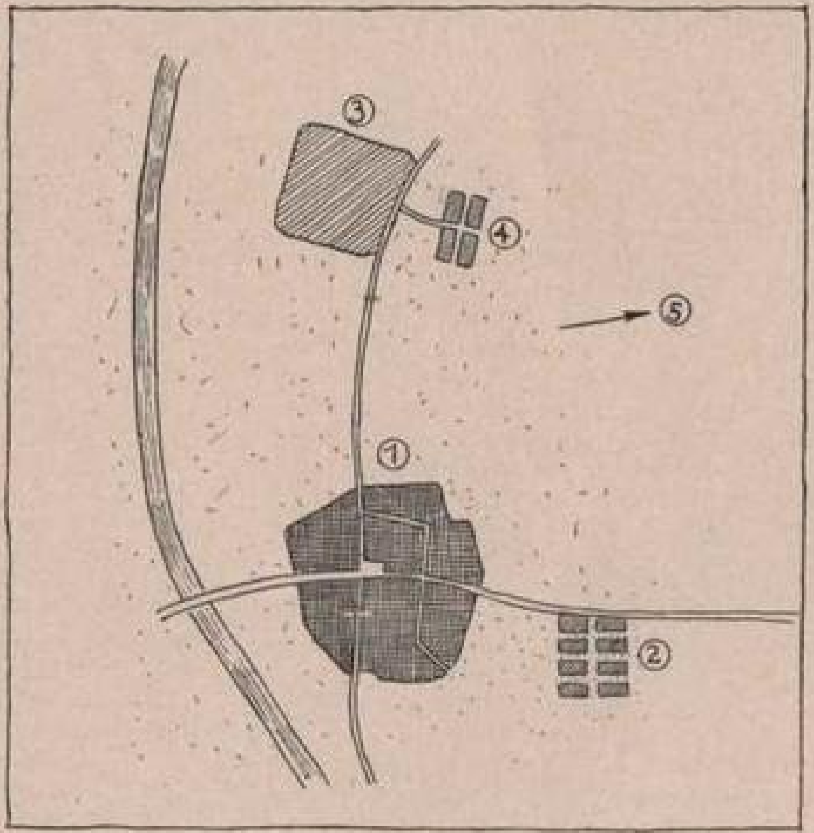


Abb. 90. Städtebauliche Vorschriften im ehemaligen Polen

1 = alte Stadt
2 = Gewerbegebiet = höchstens $^1/_7$ der Altstadt-Fläche. Mindestens 800 m breite Freifläche zwischen Stadt und Gewerbegebiet.
Gewerbegebiet aufgeteilt in 10 ha große Abschnitte, die durch 150 m breite Grünstreifen getrennt sind
3 = neues Siedlungsgelände
4 = neues Gewerbegebiet, Größe und Aufteilung wie bei 2
5 = Hauptwindrichtung

und gefördert hat. Ein Vergleich mit dem in Deutschland im letzten Jahrzehnt Geschaffenen läßt jedoch klar erkennen, daß das Reich auch auf diesem Gebiet eindeutig führt durch die Gründlichkeit, mit der an die Klärung der Probleme herangegangen ist, durch die umfassende gesetzgeberische Regelung, durch die Vielzahl der entwickelten Methoden und Geräte, sowie durch die Großzügigkeit, Tatkraft und Schnelligkeit, mit der die Theorie in die Praxis umgesetzt wurde.

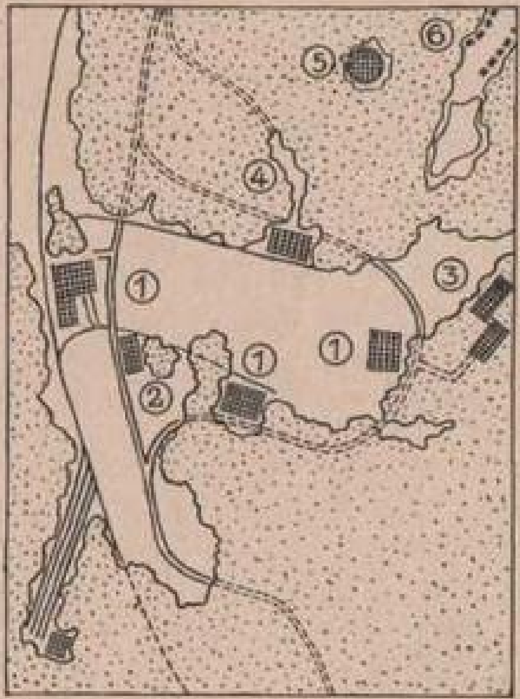


Abb. 91. Aufgelockertes Industriewerk in Amerika.
1 = Fabrikgebäude
2 = Verwaltung
3 = Lagergebäude
4 = Parkplatz
5 = Wasserturm
6 = Arbeitersiedlung

Eine Vielzahl der deutschen Maßnahmen und Vorschläge ist ganz oder teilweise vom Ausland übernommen worden, das damit Vorrang und Richtigkeit unserer Auffassungen anerkannt hat.

L. Quellenverzeichnis

1. Reichsmarschall Göring, Geleitwort zu: Der zivile Luftschutz. Ein Sammelwerk über alle Fragen des Luftschutzes. Von Dr.-Ing. e.h. Knipfer, Ministerialdirektor und Inspekteur des Luftschutzes und E. Hampe, stellvertr. Chef der Technischen Nothilfe. Verlagsanstalt Otto Stollberg, Berlin W 9.
2. Dr.-Ing. Schoßberger, Bautechnischer Luftschutz. Bauwelt-Verlag, Berlin SW 68.
3. Erlaß des Führers zur Vorbereitung des Deutschen Wohnungsbaues nach dem Kriege. Vom 15. November 1940. Reichsgesetzblatt I, S. 1495.

4. Landesrat Dr. Jarmer in der Gründungsversammlung der Landesplanungsgemeinschaft, Reichsstatthalterbezirk Sachsen, am 15. Juli 1936 in Dresden.
5. Generalfeldmarschall Keitel, Raumforschung und Raumordnung, Heft 7, Juli 1938.
6. Wilhelm Dörr, Bomben brechen die „Haufen"-Stadt. Stadtplanliche Betrachtung des Luftkrieges. Raumforschung und Raumordnung, Heft 5, 1941.
7. Regierungsbaurat Otto, Luftkrieg und Städtebau. Raumforschung und Raumordnung, Heft 9, 1940.
8. Prof. Dipl.-Ing. Feder, Staatssekretär, Die neue Stadt. Verlag Julius Springer, Berlin 1939.
9. Dr.-Ing. habil. Frommhold, Luftkriegserfahrungen formen die Stadt von morgen. PZ-Korrespondenz, Nachrichtendienst für Luftschutz und Gasschutz, Folge 226 und 227.
10. Dr.-Ing. Frommhold, Kriegskunst und Siedlung, Luftschutz und Städtebau. Bauwelt, Heft 4, 1939.
11. Koshewnikow, in 2.
12. Spaight, in 10.
13. Ministerialrat Dr.-Ing. [illegible], Baulicher Luftschutz zur Sicherung von Stadt und Land, Wirtschaft und Industrie gegen Luftangriffe. Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn, Berlin.
14. Prof. Dr.-Ing. Siedler, Kriegskunst, Siedlungspolitik und Städtebau und ihre Beziehungen zueinander in der Geschichte. Die Baugilde, Heft 6, 1928.
15. Luftschutz und Siedlung. Herausgegeben vom Amt des Siedlungsbeauftragten der NSDAP., München.
16. Oberbaurat Dr.-Ing. Kabel, Forderungen des baulichen Luftschutzes bei der Planung, Bebauung und Entwicklung des Großstadtraumes. Gasschutz und Luftschutz. Baulicher Luftschutz. 2. Vierteljahrsheft 1940 der Ausg. B.
17. Oberregierungsrat Dipl.-Ing. Nicolaus, Wehrhafter Städtebau. Der soziale Wohnungsbau in Deutschland. Verlag der Deutschen Arbeitsfront, Heft 5, 1941.
18. Darsow-Focken-Nicolaus, Kommentar zum Luftschutzgesetz und den Durchführungsbestimmungen. C. H. Becksche Verlagsbuchhandlung München und Berlin.
19. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe: Richtlinien für den baulichen Luftschutz bei der Errichtung von Getreidelagerräumen. Z L 5 b 12 763/38 vom 3. Sept. 1938. Änderungen durch L. In. 13 5 b 15 972/38 vom 31. März 1939. Veröffentlicht in 18, Anhang II, Nr. 3.
20. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Richtlinien für bauliche Luftschutzmaßnahmen in Krankenhäusern, Lazaretten, Heil- und Pflegeanstalten. 41 L 28 12 ZL 5 b 14 296/38 vom 7. Dez. 1938. Veröffentlicht in 18 I, 5 Anhang Nr. 10.
21. Oberregierungsbaurat Dr. Frommhold, Erläuterungen zur Luftschutz-Bilderreihe A: Luftschutzbauwesen. Verlag Gasschutz und Luftschutz, Berlin-Charlottenburg 5.

22. Oberregierungsbaurat Winter, Die Lehren des Krieges für den baulichen Luftschutz. Der Deutsche Baumeister 1940, Heft 12.
23. Oberregierungsbaurat Winter, Bauliche Abwehrmaßnahmen gegen Luftangriffsmittel bei großräumigen Hallen. Gasschutz und Luftschutz. Baulicher Luftschutz, Juliheft 1938.
24. Amtliche Verlautbarungen zum Luftschutz. Verlag Gasschutz und Luftschutz Dr. Ebeling K.G., Berlin-Charlottenburg 5.
25. Merkblatt über den Schutz der Fensterscheiben bei Luftangriffen. Herausgegeben im Auftrage des Reichsministers der Luftfahrt und Oberbefehlshabers der Luftwaffe vom Präsidium des Reichsluftschutzbundes. Veröffentlicht in 24, Folge 4, S. 127.
26. Reichsarbeitsminister, Ausführung von Hallenoberlichten bei Industriebauten. Vom 14. Juni 1941. IV C 7 Nr. 8800/273/41. Veröffentlicht: Zentralblatt der Bauverwaltung 1941, Heft 30/31, S. 530.
27. Reichsarbeitsminister, Feuerschutzmittel zur Schwerbrennbarmachung von Holz. Vom 15. Juni 1940. IV c 2 Nr. 9505/40. Veröffentlicht in 24, Folge 7, S. 230.
28. Dr.-Ing. Frommhold, Luftschutzraum-Bauweisen. Verlag Gasschutz und Luftschutz Dr. Ebeling K.G., Berlin-Charlottenburg 5.
29. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Zweite Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz. Vom 4. Mai 1937. Veröffentlicht: Reichsgesetzblatt I, S. 566. Veröffentlicht in 18, S. 13, Nr. 3 und I, 4.
30. Reichsarbeitsminister, Erste Ausführungsbestimmungen zum § 1 der Zweiten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz (Schutzraumbestimmungen) vom 4. Mai 1938. Veröffentlicht: a) Reichsgesetzblatt I, S. 568; b) in 18, S. 14ff. u. I, 5.
31. Oberregierungsrat Nicolaus, Die Schutzraumbestimmungen vom 4. Mai 1937. Beilage zum Zentralblatt der Bauverwaltung vereinigt mit Zeitschrift für Bauwesen, 1937, Heft 21.
32. Reichsarbeitsminister, Runderlaß vom 13. Mai 1937, IV c Nr. 8800/1 betrifft: Erste Ausführungsbestimmungen zum § 1 der Zweiten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz (Schutzraumbestimmungen). Veröffentlicht in 18, I, 5, Anhang Nr. 1.
33. DIN-Norm 4104, Raumabschlüsse für Luftschutzräume. Blatt 1: Abmessungen, bauliche Durchbildung; Blatt 2: Prüfvorschriften. Vertrieb: Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 68.
34. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Schutzraumbau ohne Stahl. Vom 13. Mai 1937, ZL 50 Nr. 9268/37. Veröffentlicht in 18, 15, Anhang Nr. 3.
35. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Vierte Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz. Veröffentlicht: a) Reichsgesetzblatt I; b) in 18, S. 30, Nr. 9 u. I 8.,
36. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Durchführung der baulichen Maßnahmen für Zwecke des Luftschutzes. Stahlsparende Schutzraumbauten und Abschlüsse. Veröffentlicht in 18, I 5, Anhang Nr. 5.

37. Reichsarbeitsminister, Ergänzung der Schutzraumbestimmungen. Von 14. April 1939. IV c 7 Nr. 8800 — 14 — 39. Veröffentlicht in 18, I 5, Anhang Nr. 11.
38. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe: Neunte Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz (Behelfsmäßige Luftschutzmaßnahmen in bestehenden Gebäuden) vom 17. Aug. 1939 (Reichsgesetzblatt I, S. 1391) in der Fassung des Art. VIII der Verordnung zur Änderung der . . . Neunten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz vom 1. Sept. 1939 (Reichsgesetzblatt I, S. 1626). Veröffentlicht ferner 1. in 18, S. 62, Nr. 20 und I, 15; 2. in 24, Folge 1, S. 13.
39. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe: Bestimmungen über die behelfsmäßige Herrichtung von Luftschutzräumen in bestehenden Gebäuden. (Erste Ausführungsbestimmungen zum § 1 der Neunten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz.) Veröffentlicht: 1. in 18, S. 64, Nr. 21 und I, 15a; 2. in 24, Folge 1, S. 14.
40. Reichsarbeitsminister, Zweite Ausführungsbestimmungen zum § 1 der Zweiten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz (Sonderbaubestimmungen). Veröffentlicht: 1. Reichsgesetzblatt I, S. 1581; 2. in 18, S. 142, Nr. 29; 3. in 24, Folge 1, S. 11.
41. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Übersicht über Luftschutzraum-Belüftungsanlagen vom 13. Nov. 1939. L.In. 13 4 e 16 448/39. Veröffentlicht 1. in 18 I 5, Anhang Nr. 22; 2. in 24, Folge 2, S. 64.
42. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Zweite Ausführungsbestimmungen zum § 1 der Neunten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz (Bestimmungen über Mauerdurchbrüche in bestehenden, unmittelbar benachbarten Gebäuden). Veröffentlicht: 1. Reichsgesetzblatt I, S. 486; 2. in 18, S. 178, Nr. 47; 3. in 24, Folge 4, S. 129.
43. Reichsarbeitsminister, Vertriebsgenehmigung trümmersicherer waagerechter Notausstiege. Vom 6. März 1941 IV c 7 8800/239/41. Veröffentlicht in 24, Bd. 3, Lief. 3, S. 87.
44. Architekt Kurt Krause, Bombensichere Bauwerke. In: Der Deutsche Baumeister 1941, Heft 2.
45. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Deckungsgräben für Zwecke des Luftschutzes 41 L 42/24 L.In. 13/5c 16 297/39. Veröffentlicht in 24, Folge 3, S. 108.
46. Wenn schon Deckungsgräben, dann aber richtig. Die Sirene, Nr. 18, 3. Augustheft 1940.
47. Camille Rougeron, Der Bombenangriff und die Grundzüge der industriellen Schutzorganisation. Revue militaire générale, Jahrg. 1938.
48. Reichswirtschaftsminister, Richtlinien für die Errichtung von Lagertanks. Vom 16. Sept. 1939. Veröffentlicht in 24, Folge 2, S. 70.
49. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Richtlinien für Luftschutzmaßnahmen in Schlacht- und Viehhöfen, in Kühlhäusern sowie auf Fleischgroßmärkten. Veröffentlicht: a) in 18, Anhang II, Nr. 10; b) in 24, Folge 5, S. 160.

50. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Richtlinien für Luftschutzmaßnahmen in Molkereien und anderen milchwirtschaftlichen Verarbeitungsbetrieben, Käsereien, Ölmühlen, Margarinefabriken, Talgschmelzen und Schmalzsiedereien. Veröffentlicht in 18, Anhang II, Nr. 11.
51. Prof. Dr. Kümmel, Generaldirektor der Staatlichen Museen Berlin, Über den Luftschutz der Museen und Geschichtsdenkmäler. Gasschutz und Luftschutz, Juni 1935.
52. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Luftschutz in Museen, Büchereien, Archiven und ähnlichen Kulturstätten. Vom 26. Aug. 1939. L.In. 13 Nr. 239/39. Veröffentlicht: a) in 18, Anhang II, Nr. 5; b) Sirene, Nr. 21, 1. Oktoberheft 1939.
53. Oberregierungsbaurat Dr. Frommhold unter Mitarbeit von Ing. Hänsel und Ing. Hahn, 1. Die Verdunklung, Bauwelt-Verlag, Berlin SW 68, 1940 und 2. Verdunklungsregeln. Ergänzungsband zu dem Buch: Die Verdunklung. Bauwelt-Verlag 1942.
54. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Achte Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz (Verdunklungsverordnung). Vom 23. Mai 1939. Veröffentlicht: a) Reichsgesetzblatt I, S. 965ff.; b) in 18, I, 14; c) in 53.
55. Oberregierungsbaurat Dr. Frommhold unter Mitarbeit von Ing. Hänsel und Ing. Hahn, Die amtlichen Anweisungen für die Verdunklung. PZ-Korrespondenz, Nachrichtendienst für Luftschutz und Gasschutz, Folge 248—250, 253, 254, 256.
56. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Gütevorschriften für Luftschutz-Verdunklungsmittel (Luftschutz-Verdunklungsstoffe, -papiere u. dgl.). Anlage zum Erlaß 41 L 48 14 Nr. 16 904/41 (3 III D) vom 10. Juli 1941 und Erlaß 14 L 48 14 Nr. 23 312/41 (3 III D) vom 12. Jan. 1942.
57. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Erste Ausführungsbestimmungen zum § 29 der Achten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz (Verdunklungsverordnung). Vom 22. Okt. 1940. Veröffentlicht: a) Reichsministerialblatt Nr. 37 vom 1. Nov. 1940; b) in 24, Folge 8, S. 251; c) in 53, Nachtrag Dezember 1940.
58. a) Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Blaues Licht für Verdunklungszwecke. Vom 22. Nov. 1940. 41 L 48 12 Nr. 18 026/40 (3 II B) mit Anlagen: 1. Anweisung für die Herstellung von blauer Tauchlackfarbe zum Färben von Glühlampen, 2. Anweisung zum Blaufärben mit Tauchlackfarbe.
b) Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe. Vom 19. Jan. 1942. Az 41 L 48 12 Nr. 17 937/41 (3 III D): Blaues Licht für Verdunklungszwecke.
59. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Anlage zum Erlaß 41 L 48 Nr. 18 317/40 (3 II B) vom 5. März 1941: Richtlinien für die fabrikmäßige Herstellung von Blaulicht-Glühlampen.
60. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Anlage zum Erlaß 41 L 48, L.In. 13 5b Nr. 14 174/39 vom 7. Aug. 1939: Richtlinien für die Konstruktion und Anwendung von Luftschutz-Richtleuchten. Veröffentlicht in 53.

61. Oberregierungsbaurat Dr. Frommhold, Ing. Hänsel, Ing. Hahn, Verdunklungs-Regeln. Der heutige Stand der lichttechnischen Verdunklung. — Neue Wege der mechanischen Verdunklung. Bauwelt 1941, Heft 39, 42, 43.
62. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Verwendung von Hinweisfarben im Luftschutz mit Güte- und Prüfvorschriften für Hinweisfarben. Vom 16. Nov. 1940. 41 L 48 12 Nr. 17633/40 (3 II F). Veröffentlicht in 24, Folge 8, S. 251.
63. Reichsverkehrsminister und Reichsminister des Innern, Ausführungsbestimmungen zu § 18 der Achten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz. Vom 4. Juli 1941. Veröffentlicht: Reichsgesetzblatt I Nr. 84 vom 31. Juli 1941, S. 455.
64. Reichsverkehrsminister und Reichsminister des Innern, Zweite Ausführungsbestimmungen zu § 18 der Achten Durchführungsverordnung zum Luftschutzgesetz. Vom 3. Nov. 1941. Veröffentlicht: Reichsgesetzblatt I, Nr. 129 vom 14. Nov. 1941, S. 711.
65. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Anlage zum Erlaß L.In. 13/5 b Nr. 16772/39 vom 27. Nov. 1939: Grundsätze für die Durchführung der Verdunklung industrieller Feuererscheinungen. Veröffentlicht in 18, Anhang I, Nr. 67a.
66. Oberregierungsbaurat Dr. Frommhold unter Mitarbeit von Ing. Hahn und Ing. Hänsel, Verdunklung falsch und richtig. Die Abstellung der Verdunklungsfehler. Sirene 1941, Nr. 22, 23, 24.
67. Reichsminister der Luftfahrt und Oberbefehlshaber der Luftwaffe, Außenflächen von Gebäuden. Vom 20. Jan. 1941, 41 L 44 10 Nr. 14 405/41 (3 II 13).
68. Begriffsbestimmungen und Lieferbedingungen für Farbanstriche zu . . . Blendschutz. Reichsausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung, RAL 841 G. Vertrieb: Beuth-Vertrieb GmbH., Berlin SW 68.
69. Oberregierungsbaurat Dr. Frommhold, Luftschutzbau-Richtlinien und Ratschläge des Auslandes. PZ-Korrespondenz, Nachrichtendienst für Luftschutz und Gasschutz, Folgen 168—172, 215—217.
70. Über die Entwicklung des Luftschutzes in Jugoslawien und Griechenland, sowie in den ehemaligen baltischen Randstaaten. Gasschutz und Luftschutz, September 1941.
71. Baulicher Luftschutz in Japan. Gasschutz und Luftschutz, 2. Vierteljahrsheft 1941 der Ausgabe B.
72. Regierungsbaurat Otto, Luftkrieg und Industrieplanung in USA. Bauwelt, Heft 13, 28. März 1941.
73. Regierungsbaurat Otto, Baulicher Luftschutz an Beispielen aus USA. Bauwelt, Heft 20, 16. Mai 1941.

Sachverzeichnis

A

Abblasen von chem. Kampfstoffen 41, 49
Abblaseverfahren 46
Abkühlung, Schutz vor 181, 215, 229
Abregnen von chem. Kampfstoffen 46, 64, 94 ff.
Abwehr von Luftangriffen 13
Abwerfen von chem. Kampfstoffen 96
Adamsit siehe Diphenylaminarsinchlorid
Aderlaß 216, 225
Adsorption 117
Adsorptionstemperatur 121
Aerosole 103, 122
Äthylarsindichlorid 81
Ätznatron 145
Aktive Kohle, Aufnahmevermögen 119
—, Oberfläche 119
Aktivkohle 117
Aktivkohlefilter 117
Alkalipatrone 141, 146
Alkalische Stoffe 52
Aluminiumlegierungen 35
Ammoniak 52, 102, 103
Ammoniaknebel 102
Anreicherungsverfahren 109
Arbeitsstellen, Beleuchtung der 281
Arbeitsring Luftschutz 232
Arsine, Nachwirkung der 212
Arsennachweisverfahren 110
Atembeutel 144
Atemfilter 114, 117
—, behelfsmäßige 210
Atemgifte 60
Atemgeräte 112, 155
Atemgeräte, Normung 155
Atemluft 114, 141
Atemorgane, Schutz der 112
Atemwege, Wirkung der Blaukreuzkampfstoffe auf 212
—, — — Gelbkreuzkampfstoffe 217
—, — — Grünkreuzkampfstoffe 212, 213
—, — — Nebelsäure 191
Atemwiderstand 115, 130, 147
Atmung, künstliche 195
—, mit Sauerstoff 141, 200
Auftreffwucht 26
Aufschlagzünder 19
Auge, Entfernung von Fremdkörpern 192
—, Wirkung von chem. Kampfstoffen 213, 216, 219, 221
Augengläser 115
Augensalbe 192, 216, 222
Augenreizstoffe 62
Augenschädigungen 192
Augenschutz 112
Ausatemventil 131
Ausland, Luftschutzmaßnahmen des 286
Austauschmasse 151
Auswaschen von Wunden 183

B

Bänderanordnung 115
Ballonsperre 10
Bauchverletzung, Durststillung bei 187
—, Vorfall der Eingeweide bei 187
—, Lagerung bei 228
Baustoffe, Entgiftung 173
Beckenbruch, erste Hilfe bei 189
Beckenbruch, Lagerung bei 228
Behandlung, feuchte 222
Behelfstragen, siehe Tragen
Belüftungsanlagen 261, 282
Beleuchtung von Arbeitsstellen 281
— von Verkehrszeichen 281
Benzin 222
Benzol 33, 222
Benzylbromid 56, 57, 59, 62
Benzyljodid 56, 57, 59
Bergermischung 102, 104
Bergernebel 102, 104
Betten im Luftschutzraum 261, 263
Bevölkerungsdichte 234
Binde, elastische 183, 186
Bindehautsack 222
Blase, Bildung bei Reizstoffwirkung 213
—, — — Gelbkreuzwirkung 218, 223
—, Behandlung nach Bildung von 223
Blasenangriff 41, 43, 101
Blaukreuzkampfstoffe 63, 107, 122, 209
Blausäure, siehe Zyanwasserstoff
Bleiazid 20
Blutstillung bei Schlagaderverletzung an den Gliedern 183, 187
— — — — Hals und Kopf 187
— bei Blutung in Körperhöhlen 187
Blutgifte 62
Blitzkrieg 12
Bn-Stoff siehe Brommethyläthylketon
Bombenflugzeuge 5, 7, 9
Bombenformen 18
Bombengewicht 9, 18
Bombenangriffe 5, 6, 9, 18, 100
Bombe, Explosionsverlauf 24
—, Explosionswirkung 28
—, Fallgeschwindigkeit 26
Borax 170
Borwasser 191, 213, 216
Brandbinde 190
Brandblättchen 37
Brandbomben 15, 33, 100
—, Schutz gegen 36, 253
—, Wirkung von 35
Brandpille 37
Brandsätze 35
Brandwatte 37
Brillenträger und Schutzmaske 115
Brisanzkampfstoffbombe 97
Brodkorb, Molotows 36
Bromazeton 41, 56, 57, 59, 73, 82
Brombenzylcyanid 41, 56, 57, 59, 73
Bromessigester 40, 83
Bromessigsäureäthylester 56, 57, 59, 83
Brommethyläthylketon 83
Bromnachweisreaktionen 110
B-Stoff siehe Bromazeton
Bromzyan 41, 56, 57, 59, 87, 209

C

Carbogengerät 205
Chinosol 49, 136
Chlor 41, 43, 45, 49, 56, 57, 59, 62
Chlorangriffe 41, 43
Chlorazeton 41
Chlorazetophenon 41, 56, 57, 62, 72
Chloramin 52, 168, 178, 220
Chlorate 151, 168
Chlorkalk 157, 170, 221
Chlorkalkbrühe 220, 222
Chlorkalkpräparate 157, 170
Chlorpikrin 49, 68
—, Wirkung des 215
Chlorsulfonsäure 102, 104
Chlorsulfonsäurenebel 102
Chlorvinylarsindichlorid 41, 87, 218
Chlorwolken, Farbe der 49
Chlorzinkverfahren 118
Clark I siehe Diphenylarsinchlorid
— II siehe Diphenylarsinzyanid
Chlorwasserstoff 102, 103
Chlorzyan 41, 86

D

Dachböden 253
Dachhaut 254
Daunenfedern 124
Deckvermögen 101
Desinfektion 124, 149
Detonatoren 19, 20
Dianisidin 41

Diatomit 126
Dichlordiäthylsulfid 39, 41, 69, 157, 164, 165, 167, 168, 170, 217
Dichlordimethyläther 41
Dick, siehe Äthylarsindichlorid
Dimethylsulfat 41
Diphenylaminarsinchlorid 41, 79, 212
Diphenylarsinchlorid 41, 75, 212
Diphenylarsinzyanid 77, 212
Diphosgen siehe Perchlorameisensäuremethylester
Dosierung, konstante 144
—, lungenautomatische 144
Druckschlauchgerät 155
Durchführungsbestimmungen zum Luftschutzgesetz 255
Durststillung bei Mund-, Hals- und Bauchverletzten 187
— Verbrennungen 190

E

Einatemventil 132
Eindringungstiefe 26
Eingeweide, erste Hilfe bei Vorfall 187
Einwegatmung 130
Elektrischer Strom, Schädigungen durch 192
Elektrizitätswerke, Schutz 236, 269
Elektronmetall 35
Elektronbrandbombe 33, 36
Entgiftung 107, 166
— von Gebäuden 173
— — Menschen 170
— — Nahrungsmitteln 174
— — Sachen 171
Entgiftungsverfahren 170
Entrümpelung 254
Erderschütterung 30
Explosion 18
Explosionswirkung 26, 28
Explosivbomben 18

F

Fallgeschwindigkeit der Bombe 26
— von Flüssigkeitstropfen 95
Faltensiebpatrone 146
Farbreaktionen 111
Fensterscheiben, Schutz der 352
Feuchtigkeit 92
Feuererscheinungen, Verdunklung von industriellen 282
Feuerschutz des Holzes 254
Filter 116
—, chemisches 126
Filterbüchsen 117, 127
Filtergeräte 112, 114, 210
Filterwirkung 116
Flakartillerie, Entwicklung der 5
Fliegerangriffe 39, 100
Flugabwehr 6
Flugmeldedienst 6, 16
Flugüberwachung 6
Flugwesen, Entwicklung des 1
Flugzeuge, Geschwindigkeit der 9
—, heutige Leistung der 9
— und chem. Kampfstoffe 88
Frischluftgeräte 112, 155

G

Gasangriffe 44
Gasanzug 160
Gasanzeiger 108
Gasbekleidung 160
Gasbrisanzgranate 27
Gase 14
Gasgewehrgranate 40
Gasgranate 46
Gashandschuhe 162
Gashaube 140
— für Kopfverletzte 210
Gaskampf 44
Gasmaske 44, 61, 112
—, Bau der 114, 132
— für Tiere 125
Gasschleuse 256
Gasschutz 43, 107
— der Lebensmittel 166, 174
— der Tiere 175
Gasschutzbrille 115
Gasschutzhaube 140, 210
Gasschutzgeräte 112ff.
Gasschutzmaske 112, 132, 136ff.
—, Bezeichnung der Einzelteile 155, 158, 159
Gasschwaden 47, 97
Gasspürer 108
Gasspürgerät 108

Gasstiefel 162
Gaswerfer 46
Gebäude und Sprengbomben 242
Gebrauchsdauer von Atemeinsätzen 122, 127
Gegenlunge 151
Gehirn, erste Hilfe bei Vorfall des 187
Gehirnerschütterung bei Verschüttung 193
—, Lagerung bei 228
Gelände 92, 93, 105
Geländekampfstoffe 62
Gelbkreuz siehe Dichlordiäthylsulfid
Gelbkreuzkampfstoffe 63, 91, 108, 209
—, Wirkung 217
Gerippebau 244
Geruchsprüfkästen 112, 113
Gesichtsfeld der Gasschutzmaske 115, 139
Giftwirkung 53
Glimmerventil 131
Glukoselösung, Injektion von — bei Vergiftung durch nitrose Gase 225
Glykoldinitrat 24
Grignard-Reagenz 111
Größe des Schutzraumes 256, 257
Großstädte, Angriff auf 99
Grünkreuzkampfstoffe 63, 108, 209
—, Wirkung der 213
Gummiventil 131
Gummikleidung 160
Gurgeln mit alk. Lösungen 213
— — Lösungen von Natriumbikarbonat 213, 220

H

Hallen, großräumige 251
Hallenoberlicht 252
Handkarren zum ersten Transport 227
Haubenmaske 114
Haus, das unbrennbare 253
Hautentgiftungsmittel 175
Hautgifte 60
Hautschädigungen 217, 219
Hautverätzungen 190
Heeresatmer 142, 147
—, Entseuchung 149
Heeresatmer, Lagerung 149
—, Reinigung 148
Helfer, Ausbildung 179
Hexamethylentetramin 126, 169, 211
Hilfe, erste, Ausbildung in 179
—, Grundregeln 180
— bei lebensbedrohlichen Blutungen 183
— — Scheintod 181
— — Knochenbruch 181
— — Bewußtlosen 181
— — Ohnmacht 181
— — Schlaganfall 181
— — hysterischem Anfall 181
— — epileptischem Anfall 181
— — psychopathischem Anfall 182
— — Gebärenden 182
— — geringfügigen Wunden 183
— — Schlagaderblutung 183
— — Gliederzerschmetterung 187
— — Blutung in Körperhöhlen 187
— — Vorfall von Eingeweiden, Gehirn 187
— — Arm- und Beinbrüchen 188
— — Verrenkungen, Verstauchungen 188
— — Schädelbruch, Rippenbruch, Beckenbruch, Wirbelsäulenverletzung 189
— — Verbrennungen, Verbrühungen 190
— — Phosphorbrandwunden 191
— — Nebelsäureverätzung 191
— — Hautverätzungen allgemeiner Art 190
— — Augenschädigung durch ätzende Flüssigkeiten 192
— — Fremdkörperentfernung aus dem Auge 192
— — Schädigung durch elektrischen Strom 192
— — Verschüttung 193
— — Ansammlung giftiger Gase in geschlossenen Räumen 194
— — Scheintod 195
— durch künstliche Atmung 196
— — Sauerstoffzufuhr 200
— bei Kampfstoffeinwirkung 208
— — Reizstoffeinwirkung 212

Hilfe bei Grünkreuzeinwirkung 213
— — Gelbkreuzeinwirkung 214
— — — innerhalb zehn Minuten nach Auftreffen des Gelbkreuzstoffes 221
— — — innerhalb einer halben Stunde 222
— — — zu späterem Zeitpunkt 222
— — sonstigen schädlichen Stoffen 223
— — Vergiftung durch Brand- und und Explosionsgase 224
— — — — Kohlenoxyd 224
— — — — nitrose Gase 224
— — — — Schwefelwasserstoff 224
— — — — Kohlensäure 225
Himmelschrift 104
Hindenburgprogramm 8
Hopcalite 127
Hunde, Schutz der 176
Hydrolysenverfahren 109

I, J

Industriebauten 267
—, Planung von 267
—, Tarnung von 283
Industrieorte, Angriffe auf 40
Inhalation von Chlordämpfen 213
— alkoholischer Äther-Chloroform-Ammoniakmischung 213
— von Menthol 216
— — Eukalyptusöl 216
— — Natriumbikarbonatlösungen 220
Injektor 155
Jodessigester 41

K

Kaliumpermanganat 221, 223
Kalk 52, 170
Kalziumkarbid 128
Kammerfilter 124
Kampfstoffe, ätzende 62, 209, 217
—, chemische 38
—, —, Abregnen 94
—, —, Abwehr 48
—, —, Abwerfen 96
—, —, Aggregatzustand 44
Kampfstoffe, chemische, Beständigkeit 51
—, —, Dampfdruck 45
—, —, Decknamen 54
—, —, Definition 38
—, —, Erkennung 107
—, —, Einteilung 61, 209
—, —, Farbe 45
—, —, Flüchtigkeit 45
—, —, Gewicht, spez. 49
—, —, Geruch 50, 107
—, —, Giftwirkung 53
—, —, Konzentration 89
—, —, Luftangriffe mit 43, 46
—, —, Massenwirkung 89
—, —, Nachweis und Erkennung 107
—, —, Reizwirkung 53
—, —, Schutz gegen 107
—, —, Tabelle 54, 55
—, — und Temperatur 45
—, —, Tötlichkeitszahl 59
—, —, Unschädlichmachung 51, 52
—, —, Vernebelung 47
—, —, Verstäubung 47
—, —, Vernichtung 51, 166
—, —, Verwendung 45
—, —, Wirksamkeit 43
—, — und Wärme 51
—, —, Wirkung, physiologische 52
—, —, Zersetzlichkeit 52, 166
—, —, Zweck 38, 40
—, erstickende 52, 209, 213
—, feste 44
—, flüssige 44
—, flüchtige 44
—, gasförmige 44
—, hautreizende 209
—, neue 41, 100
—, nichtflüchtige 44
Kampfstoffbomben 19, 39
—, Explosion von 97
Kampfstofferdminen 39
Kampfstoffiltereinsätze 126
Kampfstoffgranaten 39
Kampfstoffminen 47
Kampfstoffschwaden 45
Kampfstoffwolken, Bewegung der 49
—, Farbe der 49

Kampfstoffwolken, spez. Gewicht der 49
Kampher 216, 225
Kardiazol 216, 225
Keimeinschleppung in Wunden 183
Kieselgur 126
Kinderschutz 140
Kleiderwechsel 213, 215, 220, 221
Klop siehe Chlorpikrin
Klarscheiben 115, 134, 137
Knallquecksilber 20
Knochenbrüche, erste Hilfe 188
—, Stützverband bei 188
—, Transport bei 228
— bei Verschüttungen 193
Kochsalzinfusion bei Kohlensäurevergiftungen 225
Körperschutz 157
Koffein 216, 225
Kohle, aktive, siehe Aktivkohle
Kohlefilter 117
Kohlendioxyd 25, 145, 202, 224
Kohlenmonoxyd siehe Kohlenoxyd
Kohlenoxyd 25, 120, 127, 210, 224
Kohlenoxydfilter 127
Kohlensäurevernichtung 145
Kokain 223
Krankenanstalt 202, 203
Kriegführung, heutige 9, 12

L

Laienhilfe, erste 179
Latenzzeit 53, 91
Lewisit s. Chlorvinylarsindichlorid
Lobelin 224
Losantin 170, 221
Lost siehe Dichlordiäthylsulfid
Lösung, alkalische 213
Lösungsreaktion 112
L.S.-Abt. (mot.) 14
L.S.-Polizei 14
Luftabwehr 13
Luftangriffe 1, 15, 39
— mit chem. Kampfstoffen 48, 88
— — künstl. Nebel 101
Luftdruck 26, 30
Luftempfindlichkeit 233, 246, 269
Luftkampfstoffe 62
Luftschiffe 5, 40
Luftschutz 16, 39
Luftschutz-Arbeitsring 232
—, Aufgaben 16
—, baulicher 14, 230
—, ziviler 7, 14
—, warum? 13
— und Bevölkerungsdichte 234
— — Erzeugungsanlagen 267
— — Gebäude 242
— — Geschäftsgebiete 237
— — Gewerbegebiete 236
— — Industrieanlagen 269
— — Lagertanks 270
— — Kunstschätze 271
— — Kriegführung 1
— — Landesplanung 233
— — Molkereien 270
— — Raumordnung 233
— — Reichsplanung 233
— — Schlachthöfe 270
— — Siedlungswesen 234
— — Städtebau 234
— — Verkehrsnetz 235
— — Verkehrsanlagen 270
— — Versorgungsanlagen 236, 266
— im Weltkriege 6
— und Wohnviertel 236
Luftschutzbunker 264
—, Bau 265
—, Bestimmungen 264
Luftschutzdeckungsgräben 264
Luftschutzgesetz 255
Luftschutzmaßnahmen 15, 16
—, behelfsmäßige 259
—, des Auslandes 286
Luftschutzräume 256
—, behelfsmäßige 259
Luftschutzsanitätsdienst 179, 226
Luftschutztunnel 264
Luftschutzwarndienst 6, 16
Luftsperre 10
Luftwaffe, Entwicklung der 1, 3, 4
Lungenautomat 144
Lungenödem bei Reizstoffwirkung 213
— — Grünkreuzwirkung 215
—, Aderlaß bei 216
—, Schwitzkur bei 216

M

Magnesiumlegierungen 35
Maske siehe Gasschutzmaske und Gasmaske
Maskenbrecher 61, 75, 117, 122
Maskengröße 115
Maskenklima 115
Maskenkörper 114
Maskenstoff 114
Mauerdurchbruch 261
Mauerwerk, Druckfestigkeit von 252
Massenwirkung chem. Kampfstoffe 88
Materialkoeffizient 28
Mehrstoffilter 117
Methylarsindichlorid 81
Militärfliegerei, Entwicklung 4
Minenbomben 15, 18, 26
Morphium 208

N

Nachschub im Weltkriege 7
Nachtangriffe 15
Nahrungsmittel, Schutz der 164
Nahtreffer 243
Nasoogengerät 151
Nasen-Rachen-Reizstoffe 62, 209
Natriumbikarbonat 169, 220
Natriumtetrathionat 224
Natriumthiosulfat 224
Nebel, künstlicher 38, 42, 100
—, — bei Luftangriffen 42, 106
—, —, Zweck 101
Nebelstoffe 100, 102
Nebelbombe 42
Nebelsäure 104
Nebelsäureverätzungen 191
Nebelteilchen, Durchmesser 101, 123
Nebelwaffe 100
Neger und chem. Kampfstoffe 53
Nervengifte 62
Nitrobenzol-Stickstofftetroxyd 23
Nitroglyzerin 24
Nitrose Gase 210, 224
Normblätter 158
Notausstiege 263

O

Oxydationsverfahren 111
Oxydationsstoffe 168
Oxyde, höhere, der Alkalien 152

P

Panklastit 24
Pendelatmung 121
Pentaerythrit-tetranitrat 21
Pentrinit 24
Pentrit siehe Pentaerythrit-tetranitrat
Perchlorate 151
Perchlorameisensäuremethylester 54, 56, 57, 59, 66
Perchloron 170, 221
Permanganat siehe Kaliumpermanganat
Perstoff siehe Perchlorameisensäuremethylester
Petroleum 222
Pferde 53
Phenylkarbylaminchlorid 41
Phosgen 41, 64
Phosgenwirkung 213
Phosgengranaten 41
Phosphor 33, 34, 102, 103
Phosphorbrandbombe 34
Phosphornebel 102, 103
Phosphorverätzungen 191
Phosphorverbrennungen 191
Pikrat 22
Pikrinsäure 22
Preß-Sauerstoffgeräte 142
Proxylengerät 153
Prüfungsmethode für Filtergeräte 140
Pseudomembranbildung bei Reizstoffwirkung 213
Pulmotor 205

Q

Quetschwunden, erste Hilfe 183

R

Rachenreizstoffe 62, 76, 78, 80, 212
Rahmen der Gasmaske 114
Rahmenmaske 114
Rauch, künstlicher 101

Raumbelüftung 261, 282
Raumordnung 233
Reduktionsverfahren 109, 111
Reduzierventil 143
Regen 92, 105
Reichsanstalt der Luftwaffe für Luftschutz 7, 254, 276
Reintri 22
Reizgrenzen, untere, Tabelle 54
Reizkörpertherapie 223
Reiznebel 107
Reiznebelkerzen 107
Reizstoffe 62, 212
Reizwirkung 53
Residualluft 114
Rettungsstelle, Luftschutz- 202, 223
Riechprobenkästen 112, 113
Ringnetzanlagen für Licht 270
— — Kraft 270
— — Wasser 270
Rippenbruch, erste Hilfe bei 189
—, Lagerung bei 189
Rißwunden, erste Hilfe bei 183
Rüstungsindustrie, Leistung der 8
Ruhigstellung bei Kampfstofferkrankung 215

S

Salmiakgeist siehe Ammoniak
Sanitätsdienst, Luftschutz- 229
Sauerstoffbehandlung 200
Sauerstoffdosierung 143
Sauerstoffbehandlungsgeräte 200
Sauerstofflasche 142
—, Umfüllpumpen für 150
—, Ventile für 143
Sauerstoffgeräte 141
—, Beschreibung 147
—, chemische 150
—, Preß- 142
Sauerstoffmaske 132
Sauerstoffschutzgerät 112, 141
Säuglingsgasschutz 140
Schädelbruch, erste Hilfe 189
— bei Verschüttung 193
Schädelverletzung 189
Schädliche Stoffe 209, 223
Schädlingsbekämpfung 40
Schalenpatrone 140
Scheintod, künstliche Atmung 195
— durch elektr. Strom 193
— — Mangel an Sauerstoff in Luft 194
— — Kohlenoxydeinbruch 194
—, erste Hilfe 195
Schlagaderblutung an Gliedern 185
— am Kopf und Hals 187
Schlauchgeräte 155
Schleuderverband 184
Schnappdeckel 122
Schnee 92
Schnellverband bei geringfügigen Wunden 183
Schnittwunden, erste Hilfe 140
Schutz für Gebäude 242
— — Hunde 176
— — Pferde 176
Schutzanzug 61, 157
Schutzgräben 264
Schutzraum, siehe Luftschutzraum
Schutzkleidung 61, 157
Schwadenbildung 48
Schwebstoffe 47, 61, 103, 117
Schwebstoffilter 117, 122
Schwefelkohlenstoff 34
Schwefelsäure 104
Schwefeltrioxyd 102, 103
Schwefeltrioxydnebel 102
Schwefelnachweisverfahren 110
Schwelverfahren 48
Seife 170
Seifenlösung 52
Seifenwaschung 220, 221, 222
Senfgas siehe Dichlordiäthylsulfid
S-Filter 126
S-Maske 132
Sicherheits- und Hilfsdienst 14
Siedlungswesen 234
Soda 52, 169
Sodalösungen 52
Splitterbomben 15, 18, 25
Splitterwirkung, Schutz gegen 259
Sprengbomben 18, 26
Sprengladung 22
Sprengstoffe 19
Spüleffekt 121
Spürpulver 108
Stabilisierungsflächen 18

Städtebau und Luftschutz 234
Städte, Gesundung alter 237
—, Erweiterung alter 237, 241
Stabbrandbombe 36
Stahlmantel 18
Staub 101
Sterblichkeitsziffer 43
Steuerung der Atemluft 130
Stickoxyd 25
Stickstoffnarkose 142
Stickstofftetroxyd 23
Stillung von Blutungen 183
Strophantin 216
Stützverbände 188
Sudanpulver 108
Sudanwatte 108

T

Tabaksprobe 65
Tarnung 283
Tarnungsnebel 42, 101
Technisierung der Waffen 9
Tetrachlorkohlenstoff 222
Tetranitromethylanilin 20
Tetryl 23
Thermit 33, 34
Thermitbrandbombe 33
Tiefe, gesamte gefährdete 26, 29
Tierkohle 118
Todestau siehe Chlorvinylarsindichlorid
Todesfälle durch chem. Kampfstoffe 43
Totraum der Maske 116
Tötlichkeitsprodukt 58
—, Tabelle 59
Tränenreizstoffe 73
Tragen 226
—, behelfsmäßige 226
— Fahr- 227
Transport, erster durch Helfer 225
—, durch zwei Helfer 226
—, mit Behelfstragen 226
—, durch Karren 222
Trifoliumglas 115
Trinitrophenol siehe Pikrinsäure
Trinitrotoluol 22
Trinitrophenylmethylamin 20
Triplexglas 115
Trockenmittel 128
Trotyl 22

U

Überwachung 89, 91
Umfüllpumpen für Sauerstoff 130
Unerträglichkeitsgrenze, Tabelle 57
Urotropin siehe Hexamethylentetramin

V

Ventil, Empfindlichkeit des 143
Verätzungen, erste Hilfe 190
Verbandspäckchen 183
Verbergungsvermögen von Nebel 102
Verbrennungen, erste Hilfe bei 190
—, Verband bei 190
—, Durststillung bei 190
—, Dauerbäder bei 190
— durch Phosphor 191
Verbrühungen siehe Verbrennungen
Verdämmungsfaktor 28
Verdunklung 15, 272
—, mechanische 273
—, lichttechnische 276
— von Industriellen Feuererscheinungen 282
— — Gebäuden 276
— und Raumbelüftung 282
— — Verkehrssicherheit 281
Verdunklungsvorrichtungen 275
Vernebelung 102
Vernichtungsmittel für chemische Kampfstoffe 52
Verschüttungen 193
Versorgungsleitungen 270
Verstäubung von chem. Kampfstoffen 47
Verzögerung, Zünder mit 19
Versailler Diktat 7
Vesma-Verkaufsbüro 132
VM-Filter 126
Volksgasmaske VM 37 136
— VM 40 138
Vollblickmaske 139
Volltreffer 243
Vollwandbau 245
Vorfall, erste Hilfe, bei — von Eingeweiden oder Gehirn 187

W

Wärme 93
Warmschicht 128
Warnungszahl 59, 60
Wasser 51
—, Schutz des 165
Wasserstoffperoxyd 170, 221
Wasserwerke, Schutz der 209
Weißkreuzkampfstoffe 107
Weittreffer 243
Wellsiebpatrone 146
Widerstandskoeffizient 27
Wiederbelebung, vorbereitende Maßnahmen zur 195
—, unterstützende Maßnahmen 195
— durch künstliche Atmung von Hand 196
— — — — mit Gerät 200
—, Sauerstoffbehandlung zur 200
— Verwendung des Pulmotors 205
Wind 92
Wirbelsäulenverletzung 189
Wirkung der Brandbomben 35
— — Explosivbomben 26
— — Splitterbomben 25
Wirkungsweise des Schwebstofffilters 123
Witterungsverhältnisse 92, 105
Wundschock 228
Wurfweite 18

X

Xylylbromid 41, 45

Y

Yperit siehe Dichlordiäthylsulfid
Ypern, Blasenangriff bei 41

Z

Zeitzünder 19
Zellon 114, 115
Zerstörungszone 26, 28
Zinknebel 102
Zinknebelbüchse 105
Zinntetrachlorid 102
Zündkapsel 19
Zündvorrichtung 19, 21
Zusatzventil 142, 145
Zusatzdosierung 145
Zweiwegatmung 130
Zwischenbrandsatz 35
Zyan 25
Zyanwasserstoff 25, 41, 84, 209
Zyklon 86
Zyklonverfahren 209

Druck von Lippert & Co. G.m.b.H., Naumburg (Saale).

Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe

Von Prof. Dr. **Julius Meyer,** Breslau

3. Auflage. 1938. X, 376 Seiten, 39 Abbildungen, 20 Tabellen. 8°
Ganzleinen RM 15.—

Das Buch faßt die Fortschritte auf dem Gebiete des Gaskampfes, der chemischen Kampfstoffe und der Gasabwehr, die vor allem im Auslande gemacht worden sind, zusammen und prüft ihre zukünftigen Verwendungsmöglichkeiten. Die Kenntnis der möglichen und wahrscheinlichen Absichten der Gegner sind auch auf diesem Gebiet von besonderem Wert.

Inhaltsverzeichnis (stark gekürzt): *I. Allgemeiner Teil (Seite 1—236).* 1. Geschichte des Gaskampfes. 2. Die Grundlagen des Gaskampfes. A. Die chemischen Kampfstoffe. B. Witterungsverhältnisse. C. Geländeverhältnisse. 3. Anwendung chemischer Kampfstoffe im Felde. A. Grundsätzliches. B. Blaseverfahren. C. Schwelverfahren. D. Gaswerfer. E. Gasminenschießen. F. Artilleriegasschießen. G. Gashandgranaten. H. Gasgewehrgranaten. J. Chemische Kampfstoffangriffe aus Kampfwagen. K. Chemische Kampfstoffe aus Flugzeugen. 4. Nebel und Rauch im Kriege. 5. Schutz gegen chemische Kampfstoffe. 6. Wirkung und Erfolg des Gaskampfes. 7. Gaskampf und Heerwesen. 8. Die Anwendung chemischer Kampfstoffe vom sittlichen Standpunkt aus. 9. Die Zukunft des Gaskampfes. — *II. Chemischer Teil (Seite 241—376).* 1. Einleitung. 2. Chemische Industrie und chemische Kampfstoffe. 3. Die chemischen Kampfstoffe des Weltkrieges. 4. Die chemischen Kampfstoffe der Nachkriegszeit. 5. Künstliche Nebel. 6. Erkennung und Nachweis chemischer Kampfstoffe. Namenverzeichnis. / Sachverzeichnis.

Militärwissenschaftliche und technische Mitteilungen: Dieses Werk nimmt als leichtverständliche und doch wissenschaftliche Einführung in die Theorie und Praxis des chemischen Krieges im deutschen Schrifttum unbestritten die erste Stelle ein.

Angewandte Chemie: Der Kampf mit chemischen Mitteln ist ein bleibender, wichtiger Bestandteil der modernen Taktik geworden. In diesem Werk spricht nicht nur der chemische Wissenschaftler, sondern auch der erfahrene Offizier, der den Gaskrieg an der Front als Bataillonskommandeur und im Gasdienst kennen gelernt hat. Und das ist es, was das Buch besonders wertvoll macht, daß es Theorie und Praxis gleichermaßen fachmännisch behandelt. So ist das Werk tatsächlich ein Kompendium des gesamten Gaskampfes, eine Quelle reicher Erfahrungen für die Angehörigen der deutschen Wehrmacht und von besonderer Bedeutung für den deutschen Chemiker.

Zeitschrift für Elektrochemie: Allen Fachgenossen, die sich für den chemischen Krieg interessieren, kann die Lektüre des Buches sehr empfohlen werden.

Artilleristische Monatshefte: Das Buch sollte in keiner technischen und keiner Militärbibliothek fehlen, denn es ist trotz seiner wissenschaftlichen Grundlage durchaus verständlich geschrieben.

Allgemeine schweizerische Militärzeitung: Dieses hochinteressante Werk umfaßt das ganze Gasgebiet. Es wäre zu wünschen, daß besonders unsere chemisch gebildeten Offiziere diesem Buch ihr besonderes Interesse zuwenden würden.

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG

Einführung in die Chemie für Studierende technischer Berufe

Von Prof. Dr. **Julius Meyer**, Breslau

2., verbesserte Auflage in Vorbereitung

VIII, 267 Seiten mit 22 Abbildungen. Gebunden RM 7.80

Zeitschr. f. Elektrochemie u. angew. physikal. Chemie, 1939, Nr. 11: Ein Buch über Chemie, das den Bedürfnissen der Studenten technischer Berufe Rechnung trägt und die Vorlesung in geeigneter Weise ergänzt, gab es bisher nicht. Diesem Mangel wollte der Verfasser abhelfen, und das ist ihm ganz ausgezeichnet gelungen. Er hat eine „Angewandte Chemie" im wahrsten Sinne des Wortes geschaffen und in außerordentlich lebendiger Weise alle die vielen Zusammenhänge zwischen der Chemie und den verschiedensten Zweigen der Technik herausgearbeitet. Das Buch dürfte in kürzester Zeit eine Neuauflage erleben, um so mehr, als sein Preis niedrig ist. Fr. Weibke.

Zeitschrift für analytische Chemie: Viele Kapitel sind Musterbeispiele knapper und klarer Darstellung. Das Buch kann auch angehenden Chemotechnikern zum Studium bestens empfohlen werden. R. Fresenius.

Zeitschrift für technische Physik: Der Verfasser hat hier eine schön gelungene und gut geschriebene Einführung in die Chemie für technische Physiker, Elektrotechniker, Maschinen- und Bauingenieure geschaffen, die zweifellos eine Lücke in unserem Schrifttum ausfüllt.

CHEMIE UND TECHNIK DER GEGENWART

HERAUSGEGEBEN VON PROF. DR. HEINRICH CARLSOHN, LEIPZIG

Band XXI:

Das chemische Feuerlöschwesen

Von Oberreg.-Rat a. D. Dr. **Oskar Kausch**, Berlin

XI, 283 Seiten mit 89 Abbildungen. 1939. Ganzleinen RM 18.50

Chemiker-Zeitung: Das chemische Feuerlöschwesen geht eigentlich jeden Volksgenossen an, umlauern ihn doch überall Brandgefahren, deren Bekämpfung im Ernstfalle mit Wasser vielfach gar nicht möglich, ja sogar gefährlich ist! Da kommt dieses Buch zur rechten Zeit, denn es unterrichtet den Leser über alles, was man über das chemische Feuerlöschwesen wissen muß. Es berichtet nicht nur über die Art und Wirkungsweise der verwendeten Chemikalien, sondern es gibt zugleich ein anschauliches Bild über die zugehörigen Löschapparate und Löschanlagen.

VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG